

TUGAS AKHIR

**ANALISIS KEKUATAN TARIK MATERIAL CAMPURAN
HRS-B (*Hot Rolled Sheet*) MENGGUNAKAN SISTEM
PENGUJIAN *INDIRECT TENSILE STRENGTH***

Diajukan Untuk Melengkapi dan Memenuhi Syarat Kelulusan
Guna Mencapai Gelar Sarjana Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta



Diajukan oleh :

MUJIYONO

NIM : D 100 040 055

NIRM : 04 6 106 03010 50055

**JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

2011

MOTTO

“Beranilah dan kumpulkan kekuatan pada waktu gagal untuk tegak dan melompat sekali lagi dengan lompatan yang lebih keras, sehingga orang yang tadinya tertawa melihat kita jatuh bertukar menjadi takjub”.

(Dr Hamka)

“Dan janganlah kamu berjalan di muka bumi ini dengan sombong karena sesungguhnya kamu sekali-kali tidak dapat menembus bumi dan sekali-kali kamu tidak sampai setinggi gunung”.

(Al – Israa’ : 37)

“Maha suci Engkau ya Allah, kami tidak mempunyai pengetahuan melainkan apa yang telah Engkau ajarkan kepada kami, karena sesungguhnya Engkaulah yang maha mengetahui lagi maha bijaksana”.

(Al – Baqoroh’ : 32)

Hidup itu adalah rintangan yang harus di hadapi , perjuangan yang harus dimenangkan, rahasia yang harus digali dan anugrah yang harus dipergunakan.

(Penulis)

PERSEMBAHAN

Kayarku ini ku persembahkan kepada :

- **Ayah dan bunda yang selalu ada dan memberikan doa yang tiada henti-hentinya.**
- **Kakakku yatmi dan Kasmi yang memberikan suport dan semangatnya.**
- **Seluruh keluarga besar tercinta yang ada di Wonogiri yang memberikan motivasi hingga lapran TA ini dapat terselesaikan.**
- **Bapak Ir. H. Sri Sunarjono , MT,Ph.D selaku dosen pembimbing, terima kasih atas bimbingan, nasehat dan ilmu yang telah diberikan kepada saya.**
- **Bapak Ir. Zilhardi Idris, MT selaku dosen pendamping, terima kasih atas bimbingan arahan dan nasehatnya selama ini.**
- **Bapak Ir. H. Sri Widodo, MT selaku dewan penguji yang telah memberikan bimbingan dan tambahan ilmu kepada saya.**
- **Dosen-dosen pembimbing TA, serta Bapak-bapak dan Ibu-ibu dosen Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta.**
- **Sahabat-sahabatku angkatan 2004, kalian adalah sahabat terbaikku.**
- **Almamater fakultas teknik sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta**

Special Thanks to :

- 1) **Allah S.W.T atas ridho' Nya yang telah diberikan kepadaku.**
- 2) **Bapak ibu yg telah memberikan kasih sayang, doa, bimbingan dan perhatiannya selama ini secara moral dan materi.**
- 3) **Mas Agus Triyanto dan Bambang Hariyadi, terima kasih untuk support dan do'anya.**
- 4) **Adex-adex keponakanku (Huan, Deva, Ingge, Rossa, Dika, Rafi) Belajar yang rajin biar jadi orang yang sukses dan pintar.**
- 5) **Sahabat-sahabatku di Surakarta dan ditanah kelahiranku tercinta terima kasih atas doa, n suportnya.**
- 6) **Adik-adik tingkat Fakultas Teknik Sipil UMS**
- 7) **Dan semua pihak yang ikut membantu dalam penyelesaian tugas aikhir ini yang tidak dapat aq sebutkan satu per satu.**

PRAKATA

Assalamu / alaikum Wr.Wb

Puji syukur kami panjatkan kehadiran ALLAH SWT yang telah melimpahkan segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan dan menyusun laporan Tugas Akhir berupa Penelitian Laboratorium dengan judul : Analisis Kekuatan Tarik Material Campuran HRS-B (*Hot Rolled Sheet*) Menggunakan Sistem Pengujian *Indirect Tensile Strength*.

Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat yang harus ditempuh oleh mahasiswa jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta sebagai syarat untuk mencapai derajat kesarjanaan.

Tugas Akhir ini didasarkan dari pelaksanaan penelitian di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta dengan bimbingan dari teknisi laboratorium serta bimbingan dosen pembimbing, oleh karenanya dalam kesempatan ini penyusun mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Agus Riyanto, MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
2. Bapak Ir. Suhendro Trinugroho, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta.
3. Bapak Ir. Sri Sunarjono, MT, Ph.D selaku Dosen Pembimbing I.
4. Bapak Ir. Zilhardi Idris, MT selaku Dosen Pembimbing II.
5. Bapak Ir. H. Sri Widodo, MT selaku Dosen Tamu dan Penguji.
6. Ibu dan Ayah tercinta yang telah memberikan nasehat dan bantuan segalanya.
7. Kakak- kakakku tersayang.
8. Aria Datik Indrayani tersayang yang selalu memberikan semangat dan motifasi.
9. Sahabat-sahabat tercinta yang telah membantu menyelesaikan Tugas Akhir ini.
10. Semua pihak yang telah membantu terselesainya penyusunan laporan Tugas Akhir ini.

Penyusun menyadari bahwa akhirnya tidak ada sesuatu yang sempurna, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangatlah diharapkan demi kesempurnaan laporan Tugas Akhir ini.

Harapan penyusun, semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca.

Wassalamu / alaikum Wr. Wb

Surakarta, Januari 2011

penyusun

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
MOTTO	iii
PRAKATA.....	iv
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
ABSTRAKSI.....	xv

BAB I PENDAHULUAN

A Latar Belakang	1
B Rumusan Masalah	3
C Tujuan Tugas Akhir	4
D Batasan Masalah	4
E Manfaat Tugas Akhir	5
F Keaslian Tugas Akhir.....	5
G Persamaan dan Perbedaan dengan peneliti terdahulu	6

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A HRS (<i>Hot Roller Sheet</i>).....	8
B Agregat Kasar.....	11
C Agregat Halus.....	15
D Bahan Pengisi (<i>Filler</i>)	17
E Gradasi Agregat	18
F Aspal	21

G ITS (<i>Indirect Tensile Strength</i>)	23
H Hubungan Antara Dua Variabel dan Koefisien Korelasi	27

BAB III LANDASAN TEORI

A Karakteristik Perkerasan	29
B Sifat Volumetrik Dari Campuran Aspal Yang Telah Dipadatkan	32
C Perhitungan Hubungan Antara Dua Variabel	37
D Koefisien Korelasi.....	39

BAB IV METODE PENELITIAN

A Tahap Penelitian.....	41
B Bahan.....	41
C Peralatan Penelitian.....	43
D Lokasi Penelitian.....	53
1. Pengujian Bahan dan Aspal	53
2. Perhitungan Campuran.....	64
3. Pembuatan Benda Uji.....	64
4. Perawatan Benda uji.....	64
5. Persiapan Pengujian Benda Uji.....	68
6. Bagan Alir Penelitian	72

BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A Hasil Pemeriksaan Bahan.....	73
B Hasil Pemeriksaan Campuran HRS-B (<i>Hot Roller Sheet</i>)	75
1. Pemeriksaan Density, VMA, VFWA, VITM	75
C.1 Karakteristik Campuran HRS-B.....	77
1. Karakteristik Density, VMA, VFWA, VITM	77
2. Perdiksi Kadar Aspal Optimum	83

3. Karakteristik ITS (<i>Indirect Tensile Strength</i>)	85
C.2 Pengaruh Jumlah Tumbukan Terhadap Prediksi Kadar Aspal Optimum	90
1. Prediksi Kadar Aspal Optimum Terhadap Jumlah Tumbukan Dalam Pemadatan 50 Kali dan 75 Kali	91
2. Pengaruh Jumlah Tumbukan 50 Kali dan 75 Kali Terhadap Nilai <i>Density</i> , VAM, VFWA, VITM	92
 BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	
A Kesimpulan	106
B Saran.....	107
 DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Perbedaan antara HRS-A dan HRS-B.....	9
Tabel 2.2. Spesifikas HRS-A dan HRS-B.....	9
Tabel 2.3. Gradasi Agregat Kasar	14
Tabel 2.4. Persyaratan Agregat Kasar.....	15
Tabel 2.5. Gradasi Agregat Halus	16
Tabel 2.6. Persyaratan Agregat Halus.....	16
Tabel 2.7. Gradasi <i>Filler</i>	18
Tabel 2.8. Persyaratan Gradasi HRS-B.....	20
Tabel 2.9. Syarat aspal perkerasan jalan	22
Tabel 4.1. Perbandingan agregat.....	63
Tabel 5.1. Hasil Pemeriksaan Agregat HRS-B	72
Tabel 5.2. Hasil Pemeriksaan <i>Filler</i>	73
Tabel 5.3. Hasil Pemeriksaan Aspal	73
Tabel 5.4. Hasil Pemeriksaan <i>Density</i> , VMA (<i>Void In Mineral Agregate</i>), VFWA (<i>Void Filled With Asphalt</i>), VITM (<i>Void In The Mix</i>) Pada Benda Uji Campuran HRS-B (<i>Hot Rolled Sheet</i>) Dengan Penumbukan 50 Kali	74
Tabel 5.5. Hasil Pemeriksaan <i>Density</i> , VMA (<i>Void In Mineral Agregate</i>), VFWA (<i>Void Filled With Asphalt</i>), VITM (<i>Void In The Mix</i>) Pada Benda Uji Campuran HRS-B (<i>Hot Rolled Sheet</i>) Dengan Penumbukan 75 Kali	75
Tabel 5.6. Pengujian ITS (<i>Indirect Tensile Strength</i>) Dengan Penumbukan 50 Kali Dan Suhu Pengujian 60 ° C.....	75
Tabel 5.7. Pengujian ITS (<i>Indirect Tensile Strength</i>) Dengan Penumbukan 75 Kali Dan Suhu Pengujian 60 ° C.....	75

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1. Mekanisme Terjadinya Gaya Tarik dan Kerusakan Retak	2
Gambar 2.1. Agregat Kasar.....	15
Gambar 2.2. Agregat Halus.....	17
Gambar 2.3. Grafik Gradasi HRS-B	20
Gambar 2.4. Diagram Skema Pembebanan ITS.....	23
Gambar 2.5. Penentuan <i>Indirect Tensile Strength</i>	24
Gambar 2.6. Total energi yang menyebabkan retak	25
Gambar 2.7. Deformasi Permanen dan pecahnya benda uji	25
Gambar 2.8. Energi pada puncak pembebanan.....	26
Gambar 3.1. Skematik berbagai jenis volume beton aspal	35
Gambar 4.1. Agregat Kasar.....	41
Gambar 4.2. Agregat Halus.....	41
Gambar 4.3. Aspal	42
Gambar 4.4. Alat Uji <i>Indirect Tensile Strength</i>	42
Gambar 4.5. Alat Uji <i>marshall</i>	43
Gambar 4.6. <i>Los Angeles mechine</i>	43
Gambar 4.7. Satu Set Ayakan	44
Gambar 4.8. Mesin Penggetar Ayakan	44
Gambar 4.9. Timbangan <i>Digital</i>	45
Gambar 4.10. <i>Tabung Sand Equivalent</i>	45
Gambar 4.11. <i>Picnometer</i>	46
Gambar 4.12. Keranjang kawat.....	46
Gambar 4.13. <i>Oven</i>	47
Gambar 4.14. <i>Penetrometer</i>	47
Gambar 4.15. <i>Dactility Machine</i>	48
Gambar 4.16 Kompok	48
Gambar 4.17. Wajan Pemanas	48
Gambar 4.18. Cetakan Silinder	49
Gambar 4.19. <i>Compactor</i>	49

Gambar 4.20. <i>Ejector</i>	50
Gambar 4.21 <i>Water bath</i>	50
Gambar 4.22. <i>Thermometer</i>	51
Gambar 4.23. Perlengkapan lain	51
Gambar 4.24. Proses Pemanasan Agregat dan Aspal	64
Gambar 4.25. Penuangan Aspal	65
Gambar 4.26 Pencampuran dan Pemeriksaan Aspal, Agregat	65
Gambar 4.27. Proses dimasukkan dalam cetakan	66
Gambar 4.28. Pemadatan Benda Uji	66
Gambar 4.29. Proses Penimbangan dalam Air.....	67
Gambar 4.30 Proses Penimbangan SSD	67
Gambar 4.31. Proses Perendaman dalam <i>Water bath</i>	68
Gambar 5.1. Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal Dan Nilai <i>Density</i> Dengan Jumlah Tumbukan Dalam Pemadatan 50 Kali	76
Gambar 5.2. Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal Dan Nilai <i>Density</i> Dengan Jumlah Tumbukan Dalam Pemadatan 75 Kali	77
Gambar 5.3. Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal Dan Nilai VMA Dengan Jumlah Tumbukan Dalam Pemadatan 50 Kali	78
Gambar 5.4. Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal Dan Nilai VMA Dengan Jumlah Tumbukan Dalam Pemadatan 75 Kali	78
Gambar 5.5. Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal Dan VFWA Dengan Jumlah Tumbukan Dalam Pemadatan 50 Kali	79
Gambar 5.6. Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal Dan VFWA Dengan Jumlah Tumbukan Dalam Pemadatan 75Kali	80
Gambar 5.7. Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal Dan VITM Dengan Jumlah Tumbukan Dalam Pemadatan 50 Kali	81
Gambar 5.8. Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal Dan VITM Dengan Jumlah Tumbukan Dalam Pemadatan 75 Kali	81
Gambar 5.9. Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan ITS (<i>Indirect Tensile Strength</i>) Dengan Jumlah Tumbukan Dalam Pemadatan 50 Kali	82

Gambar 5.10. Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan ITS (<i>Indirect Tensile Strength</i>) Dengan Jumlah Tumbukan Dalam Pemadatan 75 Kali	83
Gambar 5.11. Grafik Hubungan <i>Indirect Tensile Strength</i> dan <i>Density</i> dengan jumlah tumbukan dalam pemadatan 50 kali	84
Gambar 5.12. Grafik Hubungan <i>Indirect Tensile Strength</i> dan <i>Density</i> dengan jumlah tumbukan dalam pemadatan 75 kali	84
Gambar 5.13. Grafik Hubungan <i>Indirect Tensile Strength</i> dan VMA Dengan Jumlah Tumbukan Dalam Pemadatan 50 Kali	85
Gambar 5.14. Grafik Hubungan <i>Indirect Tensile Strength</i> dan VMA Dengan Jumlah Tumbukan Dalam Pemadatan 75 Kali	86
Gambar 5.15. Grafik Hubungan <i>Indirect Tensile Strength</i> dan VFWA Dengan Jumlah Tumbukan Dalam Pemadatan 50 Kali	87
Gambar 5.16. Grafik Hubungan <i>Indirect Tensile Strength</i> dan VFWA Dengan Jumlah Tumbukan Dalam Pemadatan 75 Kali	87
Gambar 5.17. Grafik Hubungan <i>Indirect Tensile Strength</i> dan VITM Dengan Jumlah Tumbukan Dalam Pemadatan 50 Kali	88
Gambar 5.18. Grafik Hubungan <i>Indirect Tensile Strength</i> dan VITM Dengan Jumlah Tumbukan Dalam Pemadatan 75 Kali	89
Gambar 5.19. Grafik Hubungan Kadar Aspal Terhadap Jumlah Tumbukan dalam Pemadatan 50 Kali dan 75 Kali	90
Gambar 5.20. Grafik Hubungan Jumlah Tumbukan Terhadap <i>Density</i>	91
Gambar 5.21. Grafik Hubungan Jumlah Tumbukan Terhadap VMA	92
Gambar 5.22. Grafik Hubungan Jumlah Tumbukan Terhadap VFWA	93
Gambar 5.23. Grafik Hubungan Jumlah Tumbukan Terhadap VITM.....	94
Gambar 5.24. Grafik Hubungan Jumlah Tumbukan Terhadap ITS.....	95

DAFTAR NOTASI dan SINGKATAN

a	=	Kadar aspal terhadap total agregat (%)
A	=	Luas tampang benda uji (cm^2)
AASHTO	=	<i>American Association of State Highway and Transportation Officials</i>
ASTM	=	<i>American Society for Testing and Material</i>
HRS	=	<i>Hot Roller Sheet</i>
b	=	Kadar aspal terhadap campuran agregat aspal (%)
BD	=	<i>Bulk density</i> (gr/cm^3)
BJ Agregat	=	Berat jenis campuran agregat (gr/cm^3)
BJ Aspal	=	Berat jenis aspal (gr/cc)
c	=	Berat kering benda uji sebelum direndam (gram)
d	=	Berat benda uji dalam keadaan SSD (gram)
e	=	Berat benda uji di air (gram)
f	=	Volume benda uji (cc)
g	=	Berat volume benda uji (gr/cc)
h	=	Tebal padat campuran agregat aspal (mm)
k	=	Koefisien permeabilitas (cm/detik)
p	=	Nilai beban maksimum (KN)
PA	=	Pemeriksaan aspal (metode Bina Marga)
PB	=	Pemeriksaan batuan (metode Bina Marga)
ITS	=	<i>Indirect Tensile Strength</i>
r	=	Indeks penurunan (%)
r^2	=	Koefisien determinasi
R_i	=	Koefisien korelasi
R	=	Penurunan stabilitas (Kg)
S	=	Stabilitas (Kg), perendaman 0,5 jam
S_i	=	Stabilitas (Kg), perendaman 24 jam dan 48 jam
T_i	=	Waktu perendaman (jam)
T	=	Waktu rembesan (detik)

V	=	Volume rembesan (cm ³)
VFWA	=	<i>Voids Filled With Asphalt</i>
VITM	=	<i>Voids In The Mix</i>
AMP	=	<i>Asphalt Mixing Plant</i>
cm	=	<i>Centimeter</i>
cc	=	<i>Centimeter Cubik</i>
gr	=	Gram
CA	=	<i>Coarse Aggregate</i>
BK	=	Berat benda uji kering oven (gram/cc)
SSD	=	<i>Saturated Surface Dry</i>
°C	=	Derajat Celcius
MPa	=	<i>Mega Pascal</i>
KPa	=	<i>Kilo Pascal</i>
FA	=	<i>Fine Aggregate</i>
MA	=	<i>Medium Aggregate</i>
Kg	=	Kilogram
Gs	=	Berat jenis (gr/cc)
m	=	Kadar rongga yang terisi aspal (%)

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran I : Pemeriksaan Aspal AC 60/70
- Lampiran II : Pemeriksaan Agregat
- Lampiran III : Pemeriksaan *filler*
- Lampiran IV : Pemeriksaan *ITS (Indirect Tensile Strength)*

ANALISIS KEKUATAN TARIK MATERIAL CAMPURAN HRS-B (*Hot Rolled Sheet*) MENGGUNAKAN SISTEM PENGUJIAN *INDIRECT TENSILE STRENGTH*

ABSTRAKSI

HRS-B (*Hot Roller Sheet*) merupakan jenis konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*) karena menggunakan aspal sebagai bahan pengikat antar agregat. Gradasi agregat tersusun beberapa fraksi yaitu fraksi kasar, fraksi halus dan *filler*. Karakteristik *Indirect Tensile Strength* ditentukan oleh proses pemadatannya. Proses pengujian *Indirect Tensile Strength* untuk mengukur ketahanan campuran HRS-B (*Hot Rolled Sheet*) terhadap gaya tarik dengan menggunakan alat ITS (*Indirect Tensile Strength*) dan menentukan pengaruh antara jumlah tumbukan dalam pemadatan (50 Kali dan 75 Kali) terhadap kekuatan tarik campuran HRS-B (*Hot Rolled Sheet*) menggunakan alat *Indirect Tensile Strength*.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan variasi kadar aspal 5%, 6%, 7%, 8%, 9%, 10% terhadap total berat agregat. Karakteristik *Density*, VMA, VFWA, VITM. Karakteristik *Indirect Tensile Strength* dan pengaruh jumlah tumbukan dalam pemadatan sebanyak 50 kali dan 75 kali terhadap nilai *Density*, VMA, VFWA, VITM.

Penambahan aspal akan mempengaruhi karakteristik *Indirect Tensile Strength*. Seiring dengan penambahan kadar aspal maka garis *trendline* pada nilai *density*, VFWA, nilai tersebut menunjukkan kenaikan namun garis *trendline* pada nilai VMA menunjukkan garis *trendline* yang tidak menentu, sedangkan garis *trendline* pada VITM menunjukkan turunan. Untuk nilai *Indirect Tensile Strength* cenderung mengalami kenaikan bila *trendline* nilai *Density* menunjukkan nilai maksimum sebesar 2,24 gr/cc pada saat nilai ITS sebesar 85 KPa, VFWA dan VITM menunjukkan nilai maksimum sebesar 80 % dan 2,25 % pada saat nilai ITS sebesar 86 KPa untuk jumlah tumbukan 50 kali, sedangkan pada saat nilai ITS sebesar 100 KPa maka nilai VAM menunjukkan nilai maksimum sebesar 20,5 % dan 19,5 % masing-masing penumbukan 50 kali dan 75 kali.

Kata kunci : HRS-B (*Hot Roller Sheet*), Karakteristik *Indirect Tensile Strength*, Jumlah tumbukan 50 kali dan 75 kali

BAB I
PENDAHULUAN
A. Latar Belakang

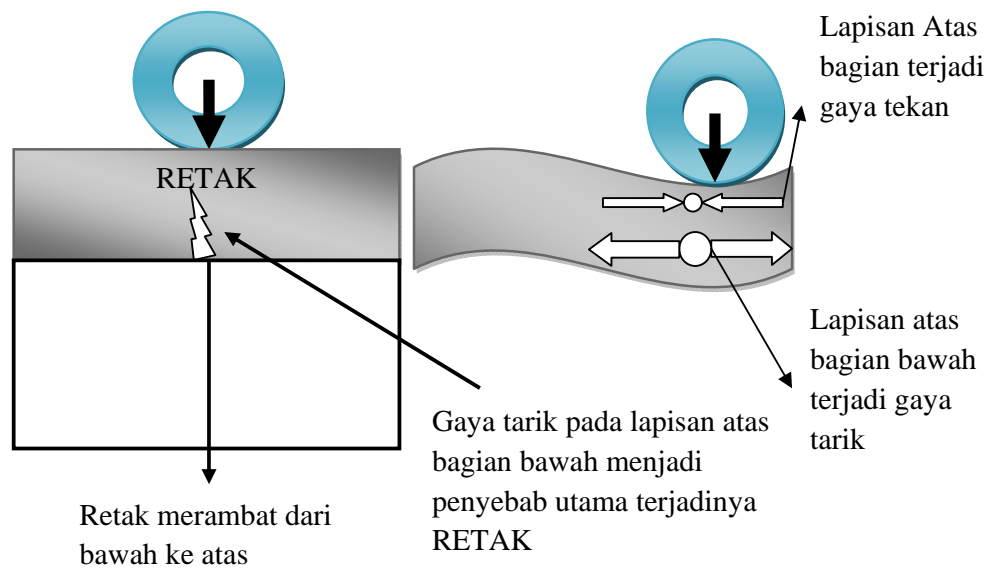
Seiring dengan laju pertumbuhan penduduk di suatu daerah, maka peranan sebuah jalan sangat penting sebagai prasarana perhubungan darat terutama untuk kesinambungan distribusi barang dan jasa, serta sebagai faktor penunjang laju pertumbuhan ekonomi. Agar transportasi berjalan lancar, diperlukan sarana dan prasarana transportasi yang memadai.

Jalan yang aman, nyaman, kuat dan ekonomis akan mempermudah manusia dalam proses pergerakannya. Untuk mewujudkan kondisi jalan berkualitas perlu diberikan lapisan tambah antara tanah dan roda atau lapis paling atas pada badan jalan. Lapisan ini dibuat dari bahan yang terpilih yang selanjutnya disebut lapisan perkerasan atau perkerasan. Salah satunya adalah konstruksi perkerasan lentur. HRS-B (*Hot Rolled Sheet*) yang juga dikenal dengan nama Lapis Tipis Beton Aspal (Lataston) merupakan salah satu konstruksi perkerasan lentur yang terdiri atas campuran antara agregat yang bergradasi timpang (*gap graded*), *filler* dan aspal keras dengan perbandingan tertentu, yang dicampur dan dipadatkan dalam keadaan panas. HRS-B (*Hot Rolled Sheet*) mempunyai fungsi sebagai lapis penutup untuk mencegah masuknya air dari permukaan kedalam konstruksi perkerasan dibawahnya sehingga dapat mempertahankan kekuatan konstruksi sampai pada tingkat tertentu.

Lapis permukaan HRS dibedakan menjadi dua kelas yaitu kelas A dan kelas B yang penggunaannya tergantung kebutuhan. Perbedaan lapis perkerasan HRS kelas A dan HRS kelas B terletak pada gradasi agregat yang digunakan dan beban yang melintas diatasnya. Bahan HRS kelas A adalah untuk jalan yang berlalu lintas rendah (> 10.000 ESA). ESA adalah kepanjangan dari *Equivalent Standard Axle*. Bahan HRS kelas B adalah beton aspal untuk penggunaan material di atas jalan yang sangat padat lalu lintas ($> 1.000.000$ ESA), serta pada muatan-muatan roda yang berat dan mempunyai stabilitas yang tinggi sebagai tambahan terhadap

sifat-sifat daya tahan, fleksibilitas dan ketahanan kelelahan di gunakan pada jalan yang mempunyai kemiringan melintang 4%,

Kenyataannya dilapangan, saat suatu perkerasan jalan menerima beban dari arus lalu lintas yang melintas diatasnya material lapisan permukaan bagian atas mendapatkan gaya tekan, sedangkan material bagian bawah mendapatkan gaya tarik. Untuk itu perlu diketahui juga kemampuan material tersebut menerima gaya tarik yaitu dengan menggunakan alat *ITS (Indirect Tensile Strength)*. Maka pada Gambar 1.1. Menjelaskan terjadinya beban tarik pada lapisan permukaan.



Gambar 1.1. Mekanisme Terjadinya Gaya Tarik dan Kerusakan Retak

Beban roda kendaraan diatas struktur perkerasan sebagai mana gambar di atas menimbulkan gaya tekan ke bawah. Beban roda berhenti atau bergerak memberikan gaya tekan sehingga lapisan akan terjadi lendutan. Kalau lapisan melendut maka lapisan atas bagian bawah terjadi gaya tekan dan sebaliknya lapisan atas bagian bawah terjadi gaya tarik. Akibat gaya tarik yang terjadi pada lapisan bagian bawah mengakibatkan retak. Retak terjadi dari bawah merambat ke atas.

ITS (*Indirect Tensile Strength*) adalah suatu metode untuk mengetahui nilai gaya tarik dari campuran aspal beton. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui indikasi akan terjadinya retak dilapangan. Pengujian hampir sama dengan pengujian *Marshall*, yang membedakan hanyalah pada pengujian kuat tarik tak langsung tidak menggunakan cincin penguji namun menggunakan plat berbentuk cekung dengan lebar 12,5 mm pada bagian penekan *Marshall*.

Dalam membuat perkerasan jalan agar suatu material tersebut mempunyai kepadatan dan daya dukung cukup dalam memikul beban, maka material yang akan digunakan harus mempunyai kekuatan tarik. Maka dalam penelitian ini dilakukan proses pemadatan sebanyak 50 kali dan 75 kali, tujuan dari pemadatan ini adalah untuk pengaturan distribusi partikel agregat dalam campuran sehingga menghasilkan konfigurasi agregat optimum dalam mencapai kepadatan yang ditargetkan.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang yang dikemukakan sebelumnya, maka dalam penelitian ini akan meneliti campuran HRS-B (*Hot Rolled Sheet*) khususnya terhadap pengujian ITS (*Indirect Tensile Strength*).

Berdasarkan uraian diatas dapat diambil suatu rumusan masalah sebagai berikut :

1. Seberapa besarkah nilai kekuatan tarik material campuran HRS-B (*Hot Rolled Sheet*) bila diukur dengan menggunakan alat ITS (*Indirect Tensile Strength*)?
2. Bagaimanakah pengaruh jumlah tumbukan dalam pemadatan (50 kali dan 75 kali) terhadap nilai ITS (*Indirect Tensile Strength*) pada kadar aspal 5%, 6%, 7%, 8%, 9%, 10%.

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengukur ketahanan campuran HRS-B (*Hot Rolled Sheet*) terhadap gaya tarik dengan menggunakan alat ITS (*Indirect Tensile Strength*) dalam pemadatan (50 Kali dan 75 Kali).
2. Menentukan pengaruh antara jumlah tumbukan dalam pemadatan (50 Kali dan 75 Kali) terhadap kekuatan tarik campuran HRS-B (*Hot Rolled Sheet*) menggunakan alat ITS (*Indirect Tensile Strength*).
3. Mengetahui besarnya nilai gaya tarik dengan pengujian ITS (*Indirect Tensile Strength*).

D. Batasan Masalah

Agar penelitian ini terfokus pada rumusan masalah maka perlu diberikan batasan-batasan sebagai berikut :

1. Penelitian ini dilakukan diLaboratorium Bahan Perkerasan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
2. Bahan pengikat aspal penetrasi 60/70 produksi PT. Pertamina Cilacap Jawa Tengah dengan variasi kadar aspal yaitu 5%, 6%, 7%, 8%, 9%, 10% terhadap total berat agregat.
3. Material agregat kasar yang digunakan adalah agregat yang tertahan diatas saringan 2,36 mm (No.8).
4. Material agregat halus yang digunakan adalah agregat yang lolos saringan 2,36 mm (No.8).
5. Material *filler* yang digunakan adalah abu batu dari agregat yang lolos saringan 0,074 (No.200).
6. Pengujian benda uji dengan alat ITS (*Indirect Tensile Strength*). Pengujian hanya untuk mengetahui nilai gaya tarik pada campuran HRS-B (*Hot Rolled Sheet*).

7. Tinjauan teknis menggunakan standar yang dipakai pada pekerjaan jalan di Indonesia (spesifikasi berdasarkan metode Bina Marga tahun 1987 dan tahun 1983).
8. Dalam menentukan koefisien korelasi dengan menggunakan persamaan berikut

$$Y = a + b X$$

E. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah:

1. Memberi kontribusi pemikiran tentang karakteristik campuran HRS-B (*Hot Rolled Sheet*) terhadap kekuatan tarik, sehingga dalam aplikasinya akan diperoleh suatu lapisan keras yang berkualitas baik.
2. Memberikan kontribusi evaluasi pengembangan ilmu pengetahuan dalam bidang rekayasa jalan raya.
3. Diharapkan bermanfaat bagi para pelaksana pembangunan jalan di Indonesia baik dari pihak pemilik, kontraktor pelaksana, dan konsultan pengawas.

F. Keaslian Peneliti

Analisis kekuatan tarik material campuran HRS-B (*Hot Rolled Sheet*) menggunakan sistem pengujian ITS (*Indirect Tensile Strength*).

Peneliti sejenisnya yang pernah dilakukan antara lain:

1. Puspitasari, 2008, Optimalisasi perencanaan campuran panas HRS-B (*Hot Rolled Sheet*) ditinjau dari karakteristik *Marshall* dan Durabilitas, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
2. Nugroho, 2003, Pengaruh penambahan serabut kelapa terhadap karakteristik *Marshall* pada campuran HRS-B (*Hot Rolled Sheet*), Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
3. Prasetyo, 2005, Analisis Korelasi Antara Nilai *Marshall Stability* dan *ITS* (*Indirect Tensile Strength*), Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta.

4. Suwarno, 2006, Karakteristik Porous Asphalt di uji dengan ITS (*Indirect Tensile Strength*), Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta.
5. Yudhianto, A, 2005, Evaluasi Kinerja Campuran *Hot Rolled Sheet* Yang Mengandung Bottom Ash Dan Fly Ash Sebagai Agregat Pengganti diuji dengan ITS (*Indirect Tensile Strength*), Tesis Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Insitut Teknologi Bandung.

G. Persamaan dan Perbedaan dengan peneliti sebelumnya

Persamaan dan perbedaan penelitian terdahulu dengan penelitian ini adalah :

1. Penelitian ini menggunakan campuran HRS-B (*Hot Roller Sheet*) dengan pengujian ITS (*Indirect Tensile Strength*), sedangkan penelitian terdahulu adalah Optimalisasi perencanaan campuran panas HRS-B (*Hot Rolled Sheet*) ditinjau dari karakteristik *Marshall* dan Durabilitas.
2. Penelitian ini menggunakan campuran HRS-B (*Hot Roller Sheet*) dengan pengujian ITS (*Indirect Tensile Strength*), sedangkan penelitian terdahulu adalah Pengaruh penambahan serabut kelapa terhadap karakteristik *Marshall* pada campuran HRS-B (*Hot Rolled Sheet*).
3. Penelitian ini menggunakan campuran HRS-B (*Hot Roller Sheet*) dengan pengujian ITS (*Indirect Tensile Strength*), sedangkan penelitian terdahulu adalah Analisis Korelasi Antara Nilai *Marshall Stability* dan ITS (*Indirect Tensile Strength*).
4. Penelitian ini menggunakan campuran HRS-B (*Hot Roller Sheet*) dengan pengujian ITS (*Indirect Tensile Strength*), sedangkan penelitian terdahulu adalah Karakteristik Porous Asphalt di uji dengan ITS (*Indirect Tensile Strength*).
5. Penelitian ini menggunakan campuran HRS-B (*Hot Roller Sheet*) dengan pengujian ITS (*Indirect Tensile Strength*), sedangkan penelitian terdahulu adalah Evaluasi Kinerja Campuran *Hot Rolled Sheet* Yang Mengandung

Bottom Ash Dan Fly Ash Sebagai Agregat Pengganti di uji dengan ITS (*Indirect Tensile Strength*).

Berdasarkan literatur yang ada, beberapa penelitian tentang karakteristik kepadatan campuran aspal HRS-Standar, antara lain Yudhianto, A, 2005, melakukan penelitian tentang Evaluasi kinerja campuran *Hot Rolled Sheet* (HRS) yang mengandung bottom ash dan fly ash sebagai agregat pengganti diuji dengan *Indirect Tensile Strength* pada campuran HRS-Standar menunjukkan kinerja deformasi terbaik serta kekuatan terhadap tarik tak langsung paling tinggi. Sebaliknya, campuran HRS-*Coal ash* menunjukkan kinerja deformasi terendah dan kekuatan terhadap tarik tak langsung paling kecil. Pada suhu 45°C pada campuran HRS-*Coal ash* diperoleh laju deformasi 0,0087 mm/menit, stabilitas dinamis 1260 lintasan/mm, deformasi permanen 5,22 mm dan kuat tarik tak langsung 20,5 psi (141 KPa), sedangkan pada campuran HRS-Standar diperoleh laju deformasi 0,033 mm/menit, stabilitas dinamis 4846,15 lintasan/mm, deformasi permanen 2,09 mm dan kuat tarik tak langsung 29,2 psi (201 KPa).

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. HRS (*Hot Roller Sheet*)

Tenriajeng (2005) mengemukakan bahwa *Hot Roller Sheet* (HRS) merupakan turunan dari *Hot Rolled Asphalt* (HRA) yang banyak dikembangkan di negara Inggris. Secara umum kedua campuran ini mempunyai sifat dan karakter yang sama. *Hot Roller Sheet* (HRS) merupakan campuran aspal yang mempunyai komposisi bahan agregat bergradasi timpang (*gap-graded*) dengan maksud agar dapat mengakomodasi kadar aspal yang relatif lebih tinggi dari pada gradasi menerus (*continuous-graded*), sehingga lebih fleksibel, namun masih cukup stabil untuk menahan lalu lintas yang relatif berat. Bahan dalam pembuatan campuran *Hot Roller Sheet* (HRS) terdiri atas agregat kasar, agregat halus, *filler* dan aspal dengan perbandingan tertentu. Persentase agregat kasar berkisar 30-50%, sebagian besar campuran diisi agregat halus dan bahan pengisi. *Hot Roller Sheet* (HRS) mempunyai ketebalan 2,5 sampai 3 cm.

Campuran yang mempunyai gradasi senjang ini bersifat tahan terhadap keausan, lebih lentur tanpa mengalami retak akibat kelelahan serta mempunyai ketahanan terhadap cuaca dan kemudahan dalam pengerjaannya. Hal ini dimaksudkan agar penggunaan agregat kasar pada *Hot Rolled Sheet* (HRS) berfungsi sebagai bahan tambahan yang dapat memberikan nilai stabilitas pada mortarnya. Faktor utama yang mempengaruhi kekuatan dan deformasi plastis dari campuran aspal *Hot Roller Sheet* (HRS) adalah kadar aspal, temperatur serta viskositas aspal, jumlah dan jenis dari agregat kasar, agregat halus dan *filler* dan tingkat pemadatan atau jumlah tumbukan yang diberikan.

Asparini 2006 mengemukakan didalam penelitiannya *Hot Roller Sheet* (HRS) yang dipakai di Indonesia dibagi 2 (dua) kelas yaitu : HRS-A untuk jalan dengan beban lalu lintas ringan sampai sedang dengan karakteristik perkerasan yang diutamakan adalah keawetan, fleksibilitas dan daya tahan terhadap *fatigue* (kelelahan), HRS-B untuk jalan dengan beban lalu lintas sedang sampai berat

dengan karakteristik perkerasan yang diutamakan stabilitas selain fleksibilitas dan daya tahan terhadap *fatigue* (kelelahan).

Lapis permukaan HRS (*Hot Roller Sheet*) dibedakan menjadi dua kelas yaitu HRS-A dan HRS-B. Perbedaan pokoknya antara HRS-A dan HRS-B dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1. Perbedaan antara HRS-A dan HRS-B

	HRS-A	HRS-B
Stabilitas	Rendah	Sedang
Gradasi	Senjang	Senjang
Kadar agregat Kasar	20%-40%	30%-50%
Kadar agregat Halus	47%-65%	39%-59%
Kadar <i>Filler</i>	Tinggi (5%-9%)	Sedang (4,5%-7,5%)
Kadar Aspal	Tinggi (>6,5%)	Sedang (7%-7,5%)
Fleksibilitas	Tinggi	Sedang
Pemakaian	Lalu lintas rendah ($>10^4$ ESA)	Lalu lintas tinggi ($>10^4 - 10^6$ ESA)

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, Petunjuk Pelaksanaan Lapis Tipis Beton Aspal (LATASTON) No.12/PT/B/1987.

Spesifikasi HRS-A dan HRS-B dapat dilihat Tabel 2.2 berikut ini :

Tabel 2.2. Spesifikas HRS-A dan HRS-B

Sifat <i>marshall</i>	Spesifikasi		Satuan
	HRS-A	HRS-B	
<i>Void In Mix</i> (VIM)	3-5	3-5	%
Stabilitas	450-850	550-1250	kg
<i>Marshall Quotient</i>	100-400	180-500	kg/mm

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, Petunjuk Pelaksanaan Lapis Tipis Beton Aspal (LATASTON) No.12/PT/B/1987.

a. Perencanaan Campuran

Perencanaan campuran diperlukan untuk mendapatkan resep campuran yang memenuhi spesifikasi dan menghasilkan campuran yang memenuhi kinerja yang baik dari agregat yang tersedia.

Metode perencanaan campuran yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Bina Marga, bersumber dari BS594 dan dikembangkan di Indonesia oleh CQCMU (*Central Quality Control dan Monitoring Unit*).

Dalam perencanaan campuran dengan menggunakan metode Bina Marga dimulai dari kadar aspal efektif yang telah ditetapkan dalam spesifikasi. Perencanaan campuran agregat yang tersedia dilokasi divariasikan sehingga memenuhi syarat rongga udara, tebal film aspal dan stabilitas. Maka pada metode ini rongga udara dalam campuran merupakan kriteria pokok dengan kadar aspal efektif (kadar aspal efektif adalah banyaknya aspal yang berfungsi menyelimuti permukaan setiap butir agregat) yang akhirnya menentukan tebal film aspal yang terjadi pada campuran. Karena bertitik tolak dari rongga udara dan film aspal, maka campuran dengan menggunakan metode ini mempunyai sifat durabilitas yang tinggi. Ada beberapa jenis campuran aspal dengan durabilitas tinggi yang dapat dihasilkan dengan menggunakan metode ini yaitu campuran HRS kelas A, untuk jalan dengan lalu lintas rendah, HRS kelas B untuk jalan dengan lalu lintas tinggi, ATB (*Asphalt treatment base*) dan ATBL (*Asphalt Treatment Base Levelling*) sebagai lapis pondasi.

Prosedur perencanaan campuran dengan metode CQCMU adalah sebagai berikut :

1. Pemilihan agregat yang sesuai dengan spesifikasi material.
2. Menentukan campuran nominal dan kadar aspal efektif yang sesuai dengan spesifikasi. Rancangan campuran nominal ini diperlukan sebagai :
 - Apakah agregat yang tersedia sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan.
 - Apakah resep awal campuran dilaboratorium sudah memenuhi persyaratan gradasi campuran dan kadar aspal efektif yang sesuai dengan spesifikasi.
3. Resep campuran nominal yang ditentukan hanya berdasarkan gradasi dan berat jenis agregat kasar, agregat halus, *filler*. Maka material tersebut harus diperiksa sifat campurannya dan selanjutnya dikoreksi sehingga mendapatkan rancangan campuran akhir yang sesuai dengan spesifikasi yang telah

ditentukan. Dari hasil rancangan campuran akhir tersebut digunakan untuk menentukan kadar aspal optimum.

b. Komposisi Umum Campuran

Campuran untuk Lapis Tipis Beton Aspal (Lataston) pada dasarnya terdiri atas agregat kasar, agregat sedang, agregat halus, *filler* dan aspal. Masing-masing agregat terlebih dahulu harus diperiksa gradasinya dari hasil analisa saringan didapatkan agregat kasar 26%, agregat sedang 6%, agregat halus 66% , dan *filler* 2% dan aspal yang digunakan dalam komposisi campuran adalah 5%, 6%, 7%, 8%, 9%, 10%. Selanjutnya agregat kasar, agregat sedang, agregat halus, *filler* dan aspal dicampurkan dalam keadaan panas. Dari hasil komposisi campuran agregat, *filler* dan aspal untuk test *Indirect Tensile Strength* diperoleh kadar aspal optimum serta memenuhi syarat yang telah ditentukan.

c. Lapis Permukaan

Fungsi lapis permukaan antara lain :

- a. Sebagai bahan perkerasan untuk menahan beban roda.
- b. Sebagai lapisan kedap air untuk melindungi pondasi atas, bawah dan badan jalan dari kerusakan akibat air.
- c. Sebagai lapisan aus (*wearing course*).

Bahan untuk lapis permukaan sama dengan bahan untuk lapis pondasi dengan persyaratan yang lebih tinggi. Penggunaan bahan aspal diperlukan agar lapisan dapat bersifat kedap air, disamping itu bahan aspal sendiri memberikan bantuan tegangan tarik yang mempertinggi daya dukung lapisan terhadap beban roda lalu lintas.

B. Agregat Kasar

Agregat didefinisikan secara umum sebagai formasi kulit bumi yang keras. *America Standard Tests and Materials* (ASTM) dalam Sukirman (2003) mendefinisikan agregat sebagai suatu bahan yang terdiri mineral padat, berupa masa berukuran besar ataupun berupa fragmen-fragmen.

Ditinjau dari asal kejadiannya agregat dapat dibedakan menjadi 3 yaitu :

- a. Batuan beku (*igneous rock*)

Batuan beku berbentuk kristal dan terbentuk dari proses pembekuan magma. Batuan ini dibedakan menjadi dua yaitu batuan beku luar (*extrusive igneous rock*), dibentuk dari material yang keluar ke permukaan bumi saat gunung berapi meletus karena pengaruh cuaca mengalami pendinginan dan pembekuan seperti batu apung, adesit, basalt dan sebagainya, dan batuan beku dalam (*intrusive igneous rock*), dibentuk dari magma yang tak dapat keluar ke permukaan bumi, magma mengalami pendinginan dan pembekuan secara perlahan-lahan dan bertekstur kasar seperti : granit, gabbro, diorite dan sebagainya.

b. Batuan sedimen (*sedimentary*)

Batuan yang berbentuk baik dari perbandingan bahan/material yang tidak larut dari pecahan batuan yang ada ataupun sisa anorganik dari binatang laut. Berdasarkan cara pembentukannya batuan sedimen terdiri dari :

- 1) Batuan sedimen yang secara mekanik seperti breksi, konglomerat, batu pasir, batu lempung. Batuan ini banyak mengandung silica.
- 2) Batuan beku yang dibentuk secara organik seperti batu gamping, batu bara, opal.
- 3) Batuan sedimen yang dibentuk secara kimiawi seperti batu gamping, *gips flint*.

c. Batuan metamorf (*metamorphic*)

Berasal dari batuan sedimen ataupun batuan beku yang mengalami proses perubahan bentuk akibat adanya perubahan tekanan dan temperatur dari kulit bumi. Berdasarkan strukturnya dapat dibedakan atas batuan metamorf yang masih masif seperti marmer, kwarsit dan batuan metamorf berfoliasi/berlapis seperti batu sabak, sekis.

Berdasarkan proses pengolahannya agregat dibedakan atas :

a. Agregat Alam

Agregat yang dapat dipergunakan sebagaimana bentuknya dalam yang dapat dipakai langsung sebagai bahan perkerasan. Agregat ini terbentuk melalui proses erosi dan degradasi (Degradasi adalah perubahan gradasi karena adanya penghancuran). Bentuk partikel dari agregat alam ditentukan

dari proses pembentukannya. Aliran air sungai membentuk partikel-partikel bulat-bulat dengan permukaan yang licin. Degradasi agregat dibukit-bukit membentuk partikel-partikel yang bersudut dengan permukaan kasar. Dua bentuk agregat alam yang sering dipergunakan yaitu kerikil dan pasir. Berdasarkan tempat asalnya agregat alam dapat dibedakan atas pirun yaitu agregat yang diambil dari tempat terbuka dialam dan bankrun yaitu agregat yang berasal dari sungai/endapan sungai.

b. Agregat yang mengalami proses pengolahan

Proses pengolahan diperlukan karena agregat yang berasal dari gunung atau bukit, sungai masih banyak dalam bentuk bongkahan besar sehingga belum dapat langsung digunakan sebagai agregat konstruksi perkerasan jalan.

Tujuan dari proses pengolahan ini adalah :

- 1) Bentuk partikel bersudut, diusahakan berbentuk kubus.
- 2) Partikel kasar sehingga mempunyai gesekan yang baik.
- 3) Gradasi sesuai yang diinginkan.

Proses pemecahan agregat sebaiknya menggunakan mesin pemecah batu (*crusher stone*) sehingga ukuran partikel-partikel yang dihasilkan dapat terkontrol.

c. Agregat buatan

Agregat ini dibuat dengan alasan khusus, yaitu agar mempunyai daya tahan tinggi dan ringan untuk digunakan pada konstruksi jalan.

Agregat mempunyai fungsi penting dalam mempengaruhi perilaku perkerasan jalan. Pada umumnya agregat mempunyai kekuatan mekanik untuk pembuatan jalan, demikian pula pada lapis (paling atas) yang akan langsung menahan beban lalu lintas, tetapi bagian ini makin lama menjadi aus karena beban lalu lintas yang tinggi, yang menyebabkan permukaan menjadi licin dan tidak sesuai/layak lagi untuk dilalui kendaraan.

Bentuk partikel agregat sangat berpengaruh pada fungsi agregat terbentuk untuk pembuatan jalan. Jika material ini dihasilkan dengan mesin pemecah batu maka kemungkinan bentuk agregat yang dihasilkan dapat diatur. Agregat yang berasal dari suatu sumberpun dapat beragam kualitasnya, sehingga perlu diperiksa

kualitasnya untuk menjaga ketersediaan bahan material jalan yang konsisten. Oleh karena itu agregat yang digunakan harus sesuai dengan persyaratan yang ditentukan antara lain:

Agregat kasar harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- a. Abrasi adalah perbandingan antara berat bahan aus lewat saringan No. 12 (1.70 mm) terhadap berat semula Max 40%. Abrasi adalah untuk menentukan ketahanan agregat kasar terhadap keausan dengan mempergunakan mesin *Los Angeles*.
- b. Kelekatan terhadap aspal adalah Penahanan aspal sesudah pelapisan dan pengelupasan 95 %. Kelekatan terhadap aspal adalah untuk mengetahui sifat adhesive agregat terhadap aspal.
- c. Berat jenis semu (*apparent*) agregat minimum 2,5 %. (peraturan No. 13/PT/B/1987 Ditjen Bina Marga). Berat jenis semu adalah perbandingan antara berat agregat kering dengan air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan kering pada suhu tertentu.
- d. *Soundness* adalah untuk mengetahui ketahanan agregat terhadap kerusakan permukaan yang diakibatkan pengaruh bahan kimia.
- e. Absorpsi/penyerapan adalah Persentase berat air yang dapat diserap pori-pori agregat terhadap berat kering.

Tabel 2.3. Gradasi Agregat Kasar

Ukuran Saringan		Prosen Lolos Saringan
Inchi	mm	Spesifikasi
3/4	(19,10)	100
1/2	(12,70)	85-100
3/8	(9,52)	0-95
No.3	(6,35)	0-60

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, Petunjuk Pelaksanaan Lapis Tipis Beton Aspal (LATASTON) No.12/PT/B/1987.

Tabel 2.4. Persyaratan Agregat Kasar

No	Jenis Pekerjaan	Standar		Syarat	Satuan
		AASHTO	Bina Marga		
1.	Abrasi	T-96-74	PB-0206-76	Max. 40	%
2.	Kelekatan terhadap aspal	T-182-76	PB-0205-76	95	%
3.	BJ Semu	T-85-74	PB-0202-76	> 2,50	-
4.	Absorbsi	T-85-74	PB-0203-76	< 3	%
5.	<i>Soundness</i>	T-104-77	-	< 7	%

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, Petunjuk Pelaksanaan Lapis Tipis Beton Aspal (LATASTON) No.12/PT/B/1983.

Ditinjau dari asal kejadiannya agregat yang digunakan dalam penelitian ini adalah batuan sedimen berupa batu pasir. Dan berdasarkan dari proses pengolahannya agregat kasar yang digunakan adalah agregat yang mengalami pengolahan terlebih dahulu.



Gambar 2.1 Agregat Kasar

C. Agregat Halus

Agregat halus harus terdiri atas bahan-bahan yang berbidang kasar, bersudut tajam dan bersih dari kotoran-kotoran atau bahan-bahan lain yang tidak dikehendaki. Agregat halus bisa terdiri atas pasir bersih bahan-bahan halus hasil

pecahan batu atau kombinasi dari bahan-bahan tersebut dan dalam keadaan kering.

Agregat halus harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- a. Berat jenis semu (*apparent*) agregat minimum 2,5 %. (peraturan No. 13/PT/B/1987 Ditjen Bina Marga).
- b. Nilai *sand equivalent* kurang dari 50% tidak diperkenankan untuk digunakan dalam campuran sehingga (80% lebih baik) (peraturan No. 13/PT/B/1987 Ditjen Bina Marga). *Sand equivalent* adalah untuk menentukan kadar debu/bahan yang menyerupai lempung pada agregat halus/pasir.

Menunjukkan tentang persyaratan yang terdapat pada agregat halus sesuai dengan peraturan dalam proses pembuatan Lapis Tipis Beton Aspal (Lataston).

Tabel 2.5. Gradasi Agregat Halus

Ukuran Saringan		Prosen Lolos Saringan
Inchi	mm	Spesifikasi
4	(4,76)	100
8	(2,38)	95-100
30	(0,39)	75-100
80	(0,177)	13-50
200	(0,074)	0-5

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, Petunjuk Pelaksanaan Lapis Tipis Beton Aspal (LATASTON) No.12/PT/B/1987.

Tabel 2.6. Persyaratan Agregat Halus

No	Jenis Pekerjaan	Standar		Syarat	Satuan
		AASHTO	Bina Marga		
1.	BJ Semu	T-85-74	PB-0202-76	> 2,50	-
2.	Absorpsi	T-85-74	PB-0203-76	< 3	%
3.	<i>Sand Equivalent</i>	T-104-77	-	< 50	%
4.	<i>Soundness</i>	T-104-77	-	< 7	%

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, Petunjuk Pelaksanaan Lapis Tipis Beton Aspal (LATASTON) No.12/PT/B/1983.



Gambar 2.2 Agregat Halus

The Asphalt Insitut dan Depkimpraswil dalam Sukirman 2003 Spesifikasi baru campuran panas membedakan agregat menjadi :

1. Agregat kasar adalah agregat dengan ukuran butiran lebih besar dari saringan No.8 (2,36 mm).
2. Agregat halus adalah agregat dengan ukuran butiran lebih halus dari saringan No.8 (2,36 mm).
3. Bahan pengisi *filler* adalah bagian dari agregat halus yang lolos saringan No.30 (0,60 mm).

Bina Marga 1983 membedakan agregat menjadi :

1. Agregat kasar adalah agregat dengan ukuran butiran lebih besar dari saringan No.4 (4,75 mm).
2. Agregat halus adalah agregat dengan ukuran butiran lebih halus dari saringan No.4 (4,75 mm).
3. Bahan pengisi *filler* adalah bagian dari agregat halus yang lolos saringan No.200 (0,075 mm).

Bahan pengisi yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat halus yang lolos saringan No.200 (0,075 mm).

D. Bahan Pengisi (*Filler*)

Menurut Departemen Pekerjaan Umum tahun 1989 bahan Pengisi (*filler*) adalah suatu bahan berbutir halus yang lolos saringan No. 30 dimana persentase

berat yang lolos saringan No. 200 minimal 65%. Bahan *filler* dapat berupa abu batu, kapur, semen atau bahan non plastis lain.

Menurut ASTM (*America Standard Tests and Materials* 1989) bahan *filler* harus terdiri atas material mineral yang dapat dibagi secara halus seperti abu batu, terak, kapur, semen, abu terbang atau material mineral lain yang sesuai. Pada saat pemakaian, bahan tersebut harus cukup kering untuk bergerak secara bebas dan bebas dari penggumpalan. Bahan *filler* berasal dari abu batu, terak dan bahan yang serupa yang bebas dari bahan-bahan organik dan mempunyai nilai indeks plastisitas $\leq 4\%$. Bahan pengisi (*filler*) harus kering dan bebas dari bahan lain yang mengganggu dan apabila dilakukan pengujian analisa saringan secara basah, harus memenuhi gradasi seperti pada tabel 2.7.

Yuniarto (2005) dalam penelitiannya menyimpulkan kualitas dan banyaknya *filler* yang digunakan dalam campuran aspal panas sangat berpengaruh dalam kinerja campuran aspal panas. *Filler* umumnya menambah kekakuan pada aspal beton, tingkat kekakuannya berubah tergantung pada jenis *filler* dan jumlahnya.

Tabel 2.7 Gradasi *Filler*

Ukuran Saringan		Prosen Lolos Saringan
Inchi	mm	Spesifikasi
No. 30	(0,590 mm)	100
No.50	(0,279 mm)	95 – 100
No. 100	(0,149 mm)	90 – 100
No. 200	(0,074 mm)	65 – 100

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, Petunjuk Pelaksanaan Lapis Tipis Beton Aspal (LATASTON) No.12/PT/B/1987.

E. Gradasi Agregat

Sukirman (2003) mengemukakan bahwa ukuran butiran agregat dan persentase berat dari setiap jenis agregat yang diperlukan, ditentukan dalam persyaratan teknisnya. Gradasi adalah batas ukuran agregat yang terbesar dan

terkecil, jumlah dari masing-masing jenis ukuran, persentase setiap ukuran butir pada agregat. Agregat akan disaring melalui serangkaian saringan, dari yang paling kasar sampai yang paling halus. Penentuan gradasi dapat berdasarkan persentase agregat yang tertahan saringan atau yang lolos saringan, sesuai jenis campurannya dan jenis lapisan perkerasan jalannya.

A. Jenis gradasi agregat yang baik

Distribusi butiran-butiran agregat dengan ukuran tertentu yang dimiliki oleh suatu campuran menentukan jenis gradasi agregat. Gradasi agregat dapat dikelompokkan dalam bergradasi baik dan gradasi bergradasi buruk.

1. Agregat bergradasi baik adalah agregat yang ukuran butirnya terdistribusi merata dalam satu rentang ukuran butiran. Agregat bergradasi baik disebut pula bergradasi rapat. Campuran agregat bergradasi baik mempunyai pori sedikit, mudah di padatkan, dan mempunyai stabilitas tinggi. Tingkat stabilitas ditentukan dari ukuran butiran agregat yang ada. Berdasarkan ukuran butiran agregat yang dominan menyusun campuran agregat, maka agregat bergadasi baik dapat dibedakan atas :
 - a. Agregat bergradasi kasar adalah agregat bergradasi baik yang mempunyai susunan ukuran menerus dari kasar sampai dengan halus, tetapi dominan berukuran kasar.
 - b. Agregat bergradasi halus adalah agregat bergradasi baik yang halus, tetapi dominan berukuran agregat halus.

B. Jenis gradasi agregat yang baik

Agregat bergradasi buruk tidak memenuhi persyaratan gradasi baik. Terdapat berbagai macam nama gradasi agregat yang dapat dikelompokkan ke dalam agregat bergradasi buruk, seperti :

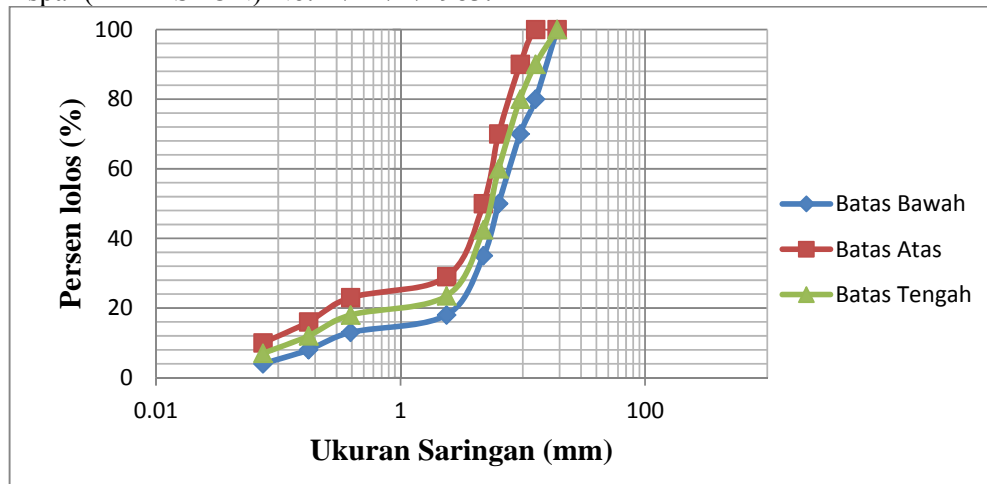
1. Gradasi bergradasi seragam adalah agregat yang hanya terdiri dari butir-butir agregat berukuran sama atau hampir sama. Campuran agregat ini mempunyai pori antara butir yang cukup besar, sehingga sering dinamakan juga agregat bergradasi terbuka. Rentang distribusi ukuran butiran yang ada pada agregat bergradasi seragam tersebar pada rentang yang sempit.

2. Agregat bergradasi terbuka adalah agregat yang distribusi ukuran butirnya sedemikian rupa sehingga pori-porinya tidak terisi dengan baik.
3. Agregat bergradasi senjang adalah agregat yang distribusi ukuran butirnya tidak menerus, atau ada bagian ukuran yang tidak ada, jika ada sedikit sekali.

Tabel 2.8 Persyaratan Gradasi HRS-B

Ukuran Saringan		Prosen Lolos Saringan
Inchi	mm	Spesifikasi
$\frac{3}{4}$ "	(19,10)	100
$\frac{1}{2}$ "	(12,70)	80-100
$\frac{3}{8}$	(9,52)	70-90
No.3	(6,35)	50-70
No.4	(4,76)	35-50
No.8	(2,38)	18-29
No.30	(0,39)	13-23
No.80	(0,177)	8-16
No.200	(0,075)	4-10

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, Petunjuk Pelaksanaan Lapis Tipis Beton Aspal (LATASTON) No.12/PT/B/1983.



Gambar 2.3. Grafik Gradasi HRS-B

F. Aspal

Aspal didefinisikan sebagai material perekat (*Cementitious*), berwarna hitam atau coklat tua dengan unsur utama bitumen, pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat, dan bersifat termoplastis. Jadi, aspal akan mencair jika dipanaskan sampai temperatur tertentu, dan kembali membeku jika temperatur turun. Bersama dengan agregat, aspal merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan. Banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 4-10% berdasarkan berat campuran, atau 10-15% berdasarkan volume campuran.

Menurut Sukirman 2003 berdasarkan cara perolehannya aspal dibedakan atas :

1. Aspal Alam ada yang diperoleh di gunung-gunung seperti di Pulau Buton, dan ada pula yang diperoleh dari danau seperti Trinidad.
2. Aspal buatan, yang merupakan hasil sampingan dari penyulingan minyak bumi dapat dibedakan atas :

- a. Aspal Minyak

Aspal minyak adalah aspal yang merupakan residu destilasi minyak bumi. Setiap minyak bumi dapat menghasilkan residu jenis *asphalt base crude oil* yang banyak mengandung aspal. Untuk perkerasan jalan umumnya digunakan aspal minyak jenis *asphalt base crude oil*.

- b. Aspal Padat

Aspal padat adalah aspal yang berbentuk padat atau semi padat pada suhu ruang dan mencair jika dipanaskan. Aspal padat dikenal dengan nama semen aspal (*asphalt cement*).

- c. Aspal Cair (*Cutback Asphalt*)

Aspal cair (*Cutback Asphalt*) adalah aspal yang berbentuk cair pada suhu ruang. Aspal cair merupakan semen aspal yang dicairkan dengan bahan pencair dari hasil penyulingan minyak bumi seperti minyak tanah, bensin atau solar.

- d. Aspal emulsi (*emulsion asphalt*) aspal suatu campuran aspal dengan air dan bahan pengemulsi, yang dilakukan dipabrik pencampur.

Tabel 2.9 Syarat aspal perkerasan jalan

No	Jenis Pekerjaan	Standar		Syarat	Satuan
		AASHTO	Bina Marga		
1.	Penetrasi 25 ⁰ C	T-49-80	PB-0301-76	60 – 70	0,1 mm
2.	Titik Lembek	T-53-81	PB-0302-76	48 – 58	⁰ C
3.	Titik Nyala	T-48-81	PB-0303-76	> 200	⁰ C
4.	Daktilitas	T-51-81	PB-0306-76	> 100	Cm
5.	Kehilangan Berat (163 ⁰ C ; 5 jam)	T-47-82	PB-0304-76	< 0,4	%
6.	Kelarutan dalam CCl ₄	T-44-81	PB-0305-76	> 99	%
7.	Penetrasi setelah kehilangan berat	T-47-82	PB-0301-76	> 75	% of original
8.	Berat Jenis	T-228-79	PB-0307-76	1	-

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, Petunjuk Pelaksanaan Lapis Tipis Beton Aspal (LATASTON) No.12/PT/B/1983.

Penetrasi adalah untuk menentukan penetrasi bitumen keras atau lembek (solid atau semi solid) dengan memasukkan jarum penetrasi ukuran tertentu, beban dan waktu tertentu ke dalam bitumen pada suhu tertentu.

Titik Lembek adalah suhu pada saat bola baja, dengan berat tertentu, mendesak turun suatu lapisan aspal atau ter tersebut menyentuh plat dasar yang terletak di bawah cincin pada tinggi tertentu, sebagai akibat kecepatan pemanasan tertentu.

Titik nyala adalah suhu pada saat terlihat nyala singkat pada suatu titik diatas permukaan aspal.

Daktilitas adalah mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antara dua cetakan yang berisi bitumen keras sebelum putus, pada suhu dan kecepatan tarik tertentu.

Penetrasi setelah kehilangan berat adalah untuk menetapkan penurunan berat minyak dan aspal dengan cara pemanasan pada tebal tertentu, yang dinyatakan dalam persen berat semula.

Berat jenis bitumen atau ter adalah perbandingan antara berat bitumen atau ter dan air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu.

Kelarutan dalam CCL_4 adalah untuk menentukan kadar bitumen yang larut dalam karbon *terraklorida/karbon bisulfida*.

Dalam penelitian ini aspal yang digunakan adalah jenis aspal padat atau *asphalt cement*.

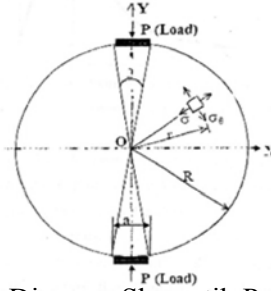
Kadar aspal campuran rencana harus dipilih sedemikian rupa sehingga kadar aspal efektif (yaitu kadar aspal total setelah dikurangi kadar aspal yang diserap agregat) akan cukup untuk memenuhi seluruh persyaratan dalam Spesifikasi. Karena itu besarnya persentase aspal sebenarnya yang ditambahkan ke dalam campuran, tergantung pada tingkat penyerapan aspal oleh agregat yang digunakan. Agregat dengan tingkat penyerapan yang tinggi memerlukan kadar aspal total yang lebih tinggi. Biasanya agregat yang banyak menyerap aspal juga akan mempunyai variasi penyerapan yang lebih besar.

Equivalent Standard Axle adalah masing-masing golongan sumbu (setiap kendaraan) yang menyatakan perbandingan tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh lintasan beban gandar sumbu tunggal kendaraan terhadap tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh lintasan beban standar sumbu tunggal sebesar 8,16 ton (18.000 lb).

G. ITS (*Indirect Tensile Strength*)

Gaya tarik tidak langsung menggunakan benda uji yang berbentuk silindris yang mengalami pembebanan tekan dengan dua plat penekan yang menciptakan tegangan tarik yang tegak lurus sepanjang diameter benda uji sehingga menyebabkan pecahnya benda uji. Pengujian gaya tarik tidak langsung secara normal dilaksanakan menggunakan alat *Marshall* yang telah dimodifikasi dengan plat berbentuk cekung dengan lebar 12,5 mm pada bagian penekan *Marshall*. Pengukuran kekuatan tarik di hentikan apabila jarum pengukur pembebanan telah berbalik arah atau berlawanan dengan arah jarum jam.

Pengukuran kekuatan tarik dapat dihitung berdasarkan diagram sekematik sebagai berikut :



Gambar 2.4. Diagram Skematik Pembebanan ITS
Sumber : Sample Performance Test for Superpave Mix Design

Perhitungan gaya tarik langsung menggunakan persamaan :

$$ITS = \frac{2 \times P}{\pi \times d \times h}$$

Dimana :

ITS : Nilai kuat tarik secara tidak langsung (N/mm²)

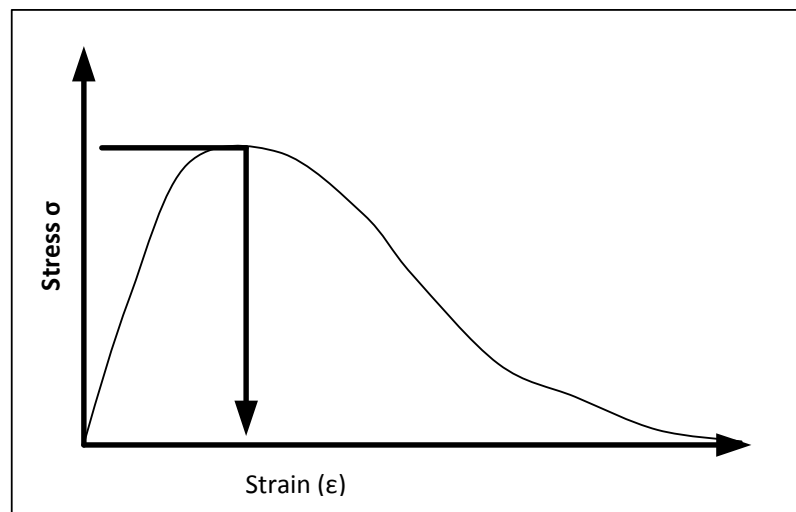
P : Nilai stabilitas (N)

h : Tinggi benda uji (mm)

d : Diameter benda uji (mm)

Parameter yang digunakan untuk penentuan pembebanan adalah sebagai berikut :

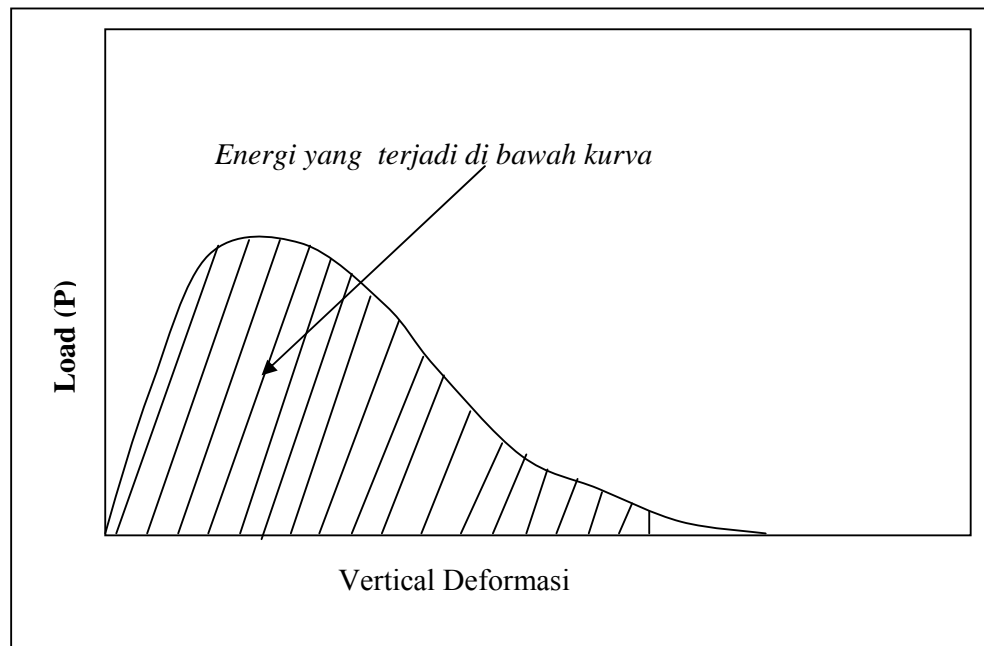
- Gaya tarik horizontal maksimum terjadi ditengah benda uji pada saat pembebanan berlangsung. *Tensile strength* adalah kemampuan lapisan perkerasan untuk menahan beban yang ada secara horisontal.



Gambar 2.5. Penentuan *Indirect Tensile Strength*
Sumber : Sample Performance Test for Superpave Mix Design

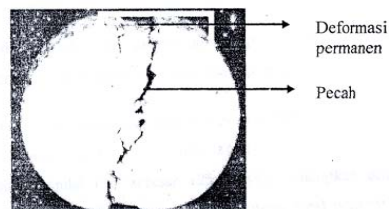
Beban yang di terima benda uji secara terus menerus mengakibatkan kenaikan tegangan (*stress* σ) Pa (Pascal), yang menyebabkan lendutan serta diikuti pula dengan kenaikan regangan (*strain* ϵ), yang dapat mengakibatkan kerusakan retak sampai tegangan maksimum. Pada keadaan tegangan maksimum dan regangan tertentu ini benda uji dianggap mengalami gaya tarik tidak langsung. Setelah benda uji retak maka besarnya lendutan pada benda uji akan semakin turun tetapi regangannya akan semakin besar, hal ini disebabkan adanya ikatan dalam benda uji semakin turun karena benda uji sudah mengalami retak yang berakibat pada pecahnya/hancurnya benda uji.

- b. Beban yang menimbulkan retak berada didaerah pembebanan vertikal.



Gambar 2.6. Total energi yang menyebabkan retak

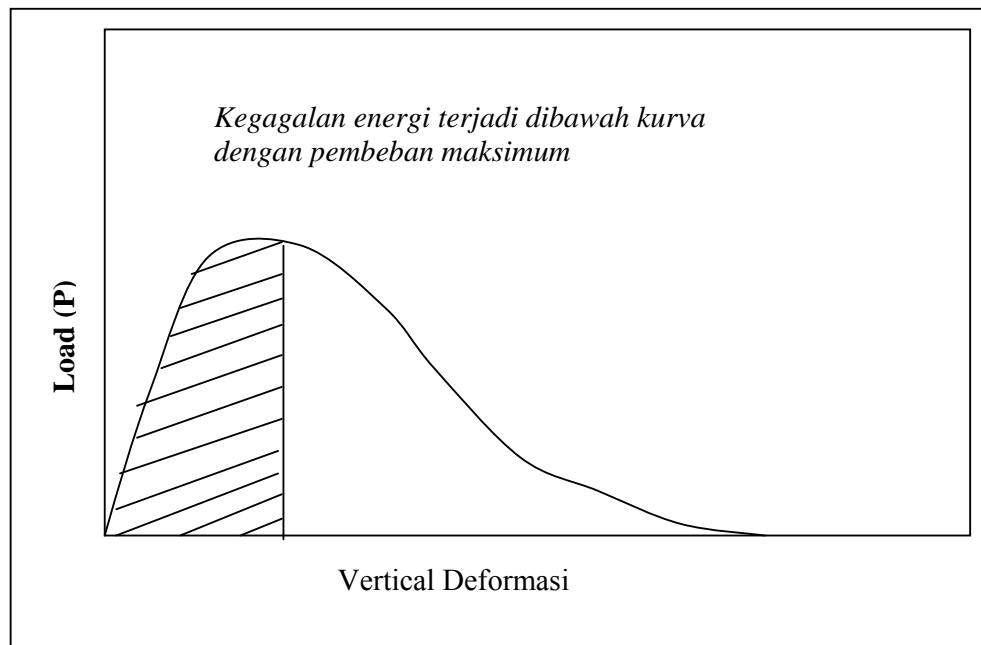
Sumber : Sample Performance Test for Superpave Mix Design



Gambar 2.7. Deformasi Permanen dan pecahnya benda uji

<http://www.cc.washington.edu.2006>

- c. Beban yang digunakan sampai benda uji mengalami deformasi merupakan pembebanan pada benda uji yang berkelanjutan. Semakin bertambahnya tekanan yang terjadi maka beban yang dipakai sampai benda uji mengalami deformasi juga semakin besar hal ini disebabkan adanya sifat fleksibilitas benda uji. Dimana kondisi benda uji tidak mampu lagi menahan beban, maka benda uji mengalami deformasi permanen, deformasi akan semakin besar dengan beban yang semakin kecil dan turunnya kemampuan benda uji menahan beban sampai kondisi sampel retak akhirnya pecah. Deformasi permanen adalah besarnya gerakan turun vertikal maksimum suatu permukaan perkerasan akibat beban.
- d. Beban yang menyebabkan keruntuhan dihitung pada beban puncak saat pembebanan maksimum.



Gambar 2.8. Energi pada puncak pembebanan

Sumber : Sample Performance Test for Superpave Mix Design

Keruntuhan benda uji terjadi pada puncak saat pembebanan maksimum dimana benda uji mengalami deformasi permanen.

H. Hubungan Antara Dua Variabel dan Koefisien Korelasi

Supranto (2005), menyatakan bahwa salah satu tujuan analisis data adalah memperkirakan/memperhitungkan besarnya efek kuantitatif dari perubahan suatu kejadian terhadap kejadian lainnya. Untuk keperluan evaluasi/penilaian suatu kebijaksanaan mungkin ingin diketahui besarnya efek kuantitatif dari perubahan suatu kejadian terhadap kejadian lainnya. Kejadian-kejadian tersebut, untuk keperluan analisis, biasa dinyatakan di dalam perubahan nilai variabel. Untuk analisis dua kejadian kita gunakan dua variabel X dan Y

Menurut Subagyo dan Djarwanto (2005), korelasi adalah salah satu teknik statistik yang digunakan untuk mencari hubungan antara dua variabel atau lebih yang sifatnya kuantitatif. Dalam hal ini, peneliti ingin menyelidiki apakah material HRS-B dengan variasi penumbukan 50 Kali dan 75 Kali mempunyai nilai *ITS (Indirect Tensile Strength)* yang besar.

Dua variabel dikatakan berkorelasi apabila perubahan pada variabel yang satu diikuti perubahan pada variabel yang lain secara teratur, dengan arah yang sama atau dapat pula dengan arah yang berlawanan. Bila dua variabel tersebut dinyatakan sebagai variabel X dan variabel Y, maka apabila variabel X berubah, maka variabel Y pun berubah dan sebaliknya.

Arah hubungan antara dua variabel (*direction of correlation*) dapat dibedakan menjadi :

a) *Direct Correlation (Positive Correlation)*

Perubahan pada salah satu variabel diikuti perubahan variabel yang lain secara teratur dengan arah/gerakan yang sama. Kenaikan nilai variabel X selalu diikuti kenaikan nilai variabel Y dan sebaliknya turunnya nilai variabel X diikuti oleh turunnya nilai variabel Y.

b) *Inverse Correlation (Negative Correlation)*

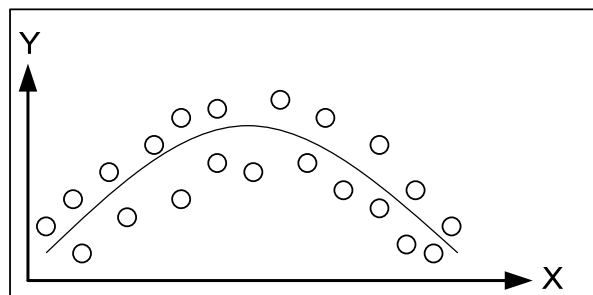
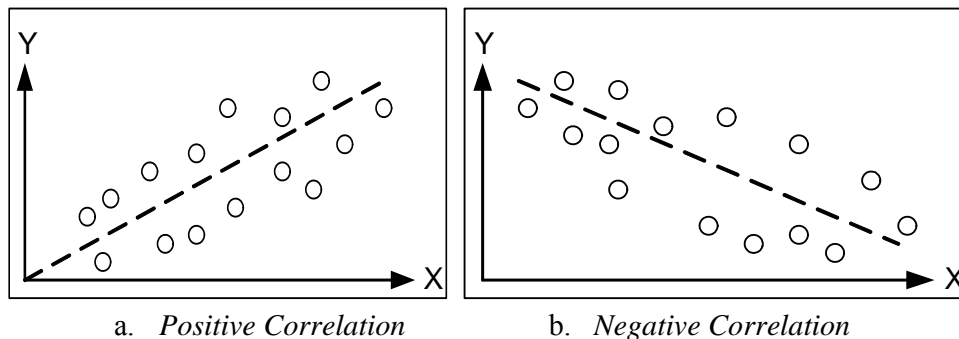
Perubahan pada salah satu variabel diikuti perubahan variabel yang lain secara teratur dengan arah/gerakan yang berlawanan. Nilai variabel X yang tinggi selalu disertai dengan nilai variabel Y yang rendah dan sebaliknya nilai variabel yang rendah nilainya selalu diikuti nilai variabel Y yang tinggi.

c) Korelasi Nihil (Tidak Berkorelasi)

Kenaikan nilai variabel yang satu kadang-kadang disertai turunnya nilai variabel yang lain atau kadang-kadang diikuti kenaikan variabel yang lain. Arah hubungannya tidak teratur kadang-kadang dengan arah yang sama kadang-kadang berlawanan.

Pangestu Subagyo dan Djarwanto (2005), menyatakan bahwa penyelidikan untuk mengetahui hubungan antara kedua variabel biasanya dimulai dengan suatu usaha untuk menemukan bentuk terdekat dari hubungan itu dengan jalan menyajikannya dalam sebuah grafik yang disebut *scatter diagram* (diagram pencaran/berserak). Diagram ini melukiskan titik-titik pada bidang X dan Y, dimana setiap titiknya ditentukan oleh setiap pasang nilai X dan Y.

Salah satu syarat dalam penggunaan teknik korelasi adalah bahwa hubungan antara variabel X dan Y adalah suatu hubungan yang linier. Hubungan yang linier dapat dibuktikan dengan apakah dari titik-titik pada scatter diagram bisa ditarik garis lurus (garis *best fit*) yang mewakili semua titik-titik yang berpencar ataukah tidak. Apabila bisa ditarik garis *best fit* (garis paling sesuai) berarti variabel tersebut mempunyai hubungan linier. Apabila tidak, variabel-variabel tersebut mempunyai hubungan nonlinier.



Gambar II.3 Hubungan Nonlinier 2 variabel

BAB III

LANDASAN TEORI

A. Karakteristik Perkerasan

Karakteristik campuran harus dimiliki oleh campuran aspal beton adalah kuat tarik, durabilitas, fleksibilitas, ketahanan kelelahan, kedap air dan kemudahan pelaksanaan.

1. Kuat Tarik

Kuat tarik adalah kemampuan lapisan perkerasan untuk menahan beban yang ada secara horisontal. Gaya horizontal yang terjadi pada perkerasan jalan mengakibatkan perkerasan akan terjadi kerusakan berupa retak dan deformasi plastis, untuk menghindari kerusakan berupa retak dan deformasi plastis pada perkerasan jalan maka penggunaan aspal dengan kekakuan yang relatif lebih tinggi dan menggunakan gradasi rapat, agregat besar (gradasi kasar), agregat pecah dengan tekstur permukaan kasar dan proporsi agregat halus tidak berlebihan (cukup) serta pemadatan saat pelaksanaan yang baik. Menurut Zaniewski (2004) rongga campuran beraspal yang memiliki keseimbangan antara keruntuhan retak dan deformasi plastis adalah berkisar antara 3 % dan 6 %. Adapun menurut ASTM (1989) campuran yang tahan terhadap deformasi tergantung dari titik lembek aspal, kadar bahan pengisi (*filler*), kadar aspal dan rongga dalam agregat.

2. Durabilitas atau Keawetan

Sukirman (2003) mendefinisikan durabilitas atau keawetan adalah kemampuan perkerasan jalan menerima repetisi beban lalu lintas seperti berat kendaraan dan gesekan antar roda kendaraan pada permukaan jalan, serta menahan keausan akibat pengaruh cuaca dan iklim, seperti udara, air atau perubahan temperatur. Durabilitas beton aspal dipengaruhi oleh tebalnya film atau selimut aspal, banyaknya pori dalam campuran, kepadatan dan kedap air pada campuran beton aspal. Selimut aspal yang tebal akan membungkus agregat secara baik. Tetapi semakin tebal selimut aspal, maka semakin mudah *beelding* yang mengakibatkan jalan semakin licin. Besarnya pori yang tersisa dalam campuran setelah pemadatan, mengakibatkan durabilitas beton aspal menurun. Semakin

besar pori yang tersisa semakin tidak kedap air dan semakin banyak udara didalam beton aspal, maka selimut aspal semakin mudah mengalami oksidasi dengan udara dan menjadi getas, dan durabilitanya menurun.

Rianung (2007) dalam penelitiannya mengemukakan penuaan aspal adalah suatu parameter untuk mengetahui durabilitas campuran aspal. Penuaan aspal disebabkan oleh dua faktor utama, yaitu penguapan minyak ringan yang terkandung didalam aspal dan beroksidasi dalam jangka pendek ataupun beroksidasi dalam jangka yang panjang. Kedua proses penuaan ini menyebabkan aspal menjadi keras dan selanjutnya meningkatkan kekakuan campuran aspal yang dapat meningkatkan ketahanan campuran terhadap deformasi permanen dan kemampuan menyebarkan beban yang diterima, namun dilain pihak campuran aspal akan menjadi lebih getas sehingga akan menurunkan ketahanan terhadap beban yang berulang-ulang.

Kinerja aspal sangat dipengaruhi oleh sifat aspal tersebut setelah digunakan sebagai bahan pengikat dalam campuran aspal dan dihamparkan dilapangan. Hal ini disebabkan karena sifat-sifat aspal akan berubah secara signifikan akibat oksidasi dan pengelupasan yang terjadi baik saat pencampuran, pengangkutan dan penghamparan aspal dilapangan. Perubahan sifat ini akan menyebabkan aspal menjadi berdaktilitas rendah atau aspal mengalami penuaan. Kemampuan aspal untuk menghambat laju penuaan ini disebut durabilitas aspal. Pengujian kualitatif aspal biasanya dilakukan untuk mengetahui durabilitas aspal adalah pengujian penetrasi, titik lembek, kehilangan berat dan daktilitas. Uji durabilitas campuran ini dilakukan untuk mengetahui daya rekat aspal terhadap agregat dengan cara aspal beton direndam dalam air, aspal dengan daya adesi yang kuat akan melekat erat pada permukaan agregat. Durabilitas campuran aspal beton dapat ditinjau dari besarnya nilai pembacaan dari nilai kekuatan tarik tak langsung pada pengujian *indirect tensile strength*.

Prosedur pengujian durabilitas mengikuti rujukan Standar Nasional Indonesia (2008) perendaman dilakukan pada temperature 60° C selama 24 jam. Benda uji direndam pada bak perendaman untuk semua variasi kadar aspal.

3. **Kelenturan atau fleksibilitas**

Kelenturan atau *fleksibilitas* adalah kemampuan beton aspal untuk menyesuaikan diri akibat penurunan konsolidasi dan pergerakan dari pondasi atau tanah dasar, tanpa terjadi retak. Penurunan terjadi akibat dari repetisi beban lalu lintas, ataupun penurunan akibat berat sendiri tanah timbunan yang dibuat diatas tanah asli. *Fleksibilitas* dapat ditingkatkan dengan mempergunakan agregat bergradasi terbuka dengan kadar aspal yang tinggi.

Darunifah didalam tesisnya menjelaskan bahwa kadar aspal yang tinggi mempunyai sifat mekanis (*rheologic*), yaitu hubungan antara tegangan (*stress*) dan regangan (*strain*) dipengaruhi oleh waktu. Apabila mengalami pembebanan dengan yang sangat cepat, maka aspal akan bersifat elastis, tetapi jika pembebananya terjadi dalam jangka waktu yang lambat maka sifat aspal menjadi plastis.

4. **Ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*)**

Sukirman (2003) mendefinisikan ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*) adalah kemampuan beton aspal menerima lendutan akibat repetisi beban, tanpa terjadinya kelelahan berupa alur dan retak.

5. **Kekesatan/ketahanan geser (*Skid resistance*)**

Sukirman (2003) mendefinisikan kekesatan/ketahanan geser (*Skid resistance*) adalah kemampuan permukaan beton aspal terutama pada kondisi basah, memberikan gaya gesek pada roda kendaraan sehingga kendaraan tidak tergelincir, ataupun selip. Faktor –faktor untuk mendapatkan kekesetan jalan sama dengan untuk mendapatkan stabilitas yang tinggi, yaitu kekasaran permukaan dari butiran-butiran agregat, luas bidang kontak antara butiran atau bentuk butiran, gradasi agregat yang digunakan tidak saja harus mempunyai permukaan gradasi yang kasar, tetapi juga mempunyai daya tahan pada lapis permukaannya tidak mudah menjadi licin akibat repetisi kendaraan.

6. **Kedap air (*Impermeabilitas*)**

Sukirman (2003) mendefinisikan kedap air (*Impermeabilitas*) adalah kemampuan beton aspal untuk tidak dapat dimasuki air ataupun udara ke dalam lapisan beton aspal. Air dan udara dapat mengakibatkan percepatan proses

penuaan aspal, dan pengelupasan film/selimut aspal dari permukaan agregat. Jumlah pori yang tersisa setelah beton aspal dipadatkan dapat menjadi indikator kekedapan air campuran. Tingkat *impermeabilitas* beton aspal berbanding terbalik dengan tingkat durabilitasnya.

7. **Mudah dilaksanakan (*Workability*)**

Sukirman (2003) mendefinisikan mudah dilaksanakan (*workability*) adalah kemampuan campuran beton aspal untuk mudah dihamparkan dan dipadatkan. Tingkat kemudahan dalam pelaksanaan, menentukan tingkat efisiensi pekerjaan. Faktor yang mempengaruhi tingkat kemudahan dalam proses penghamparan dan pemadatan adalah viskositas aspal, kepekaan aspal terhadap perubahan temperatur, dan gradasi serta kondisi agregat. Revisi atau koreksi terhadap rancangan campuran dapat dilakukan jika ditemukan kesukaran dalam pelaksanaan.

B. Sifat Volumetrik Dari Campuran Aspal Yang Telah Dipadatkan

1. ***Void In The Mix* (VITM)**

Sukirman (2003) mendefinisikan *void in the mix* (VITM) adalah volume pori yang masih tersisa setelah campuran beton aspal dipadatkan. VITM (*Void In The Mix*) ini dibutuhkan untuk tempat bergesernya butiran-butiran agregat, akibat pemadatan tambahan yang terjadi oleh repetisi beban lalu lintas, atau tempat jika aspal menjadi lunak akibat meningkatnya temperatur. VITM (*Void In The Mix*) yang terlalu besar akan mengakibatkan beton aspal padat berkurang kekedapan airnya, sehingga meningkatnya proses oksidasi aspal yang dapat mempercepat penuaan aspal dan menurunkan sifat durabilitas beton aspal. VITM (*Void In The Mix*) yang terlalu kecil akan mengakibatkan perkerasan mengalami *bleeding* jika temperatur meningkat.

Nilai *Void In The Mix* dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$VITM = (100 \times \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}})$$

dengan :

VITM : volume pori beton aspal padat, % dari volume bulk beton aspal padat.

G_{mm} : berat jenis maksimum dari beton aspal yang belum dipadatkan.

G_{mb} : berat jenis bulk dari beton aspal padatkan.

2. Volume Pori dalam Agregat Campuran (VMA)

Sukirman (2003) mendefinisikan volume pori dalam agregat campuran *void in the mineral aggregate* (VMA) adalah banyaknya pori diantara butir-butir agregat didalam beton aspal padat, dinyatakan persentase.

Nilai *void in the mineral aggregate* dihitung menggunakan rumus :

$$VMA = \left(100 - \frac{G_{mb}}{G_{sb}} \times \frac{100}{100 + P_{a1}} \times 100 \right)$$

dengan :

VMA : volume pori antara agregat didalam beton aspal padat, % dari volume bulk beton aspal padat.

G_{mb} : berat jenis bulk dari beton aspal padat.

P_{a1} : kadar aspal, % terhadap berat agregat.

G_{sb} : berat jenis bulk dari agregat pembentukan beton aspal padat.

3. Void Filled With Asphalt (VFWA)

Sukirman (2003) mendefinisikan *void filled with asphalt* (VFWA) adalah persentase pori antara butiran agregat yang terisi aspal. Nilai *Void Filled With Asphalt* (VFWA) yang terlalu tinggi dapat menyebabkan naiknya aspal permukaan saat suhu perkerasan tinggi, sedangkan *Void Filled With Asphalt* (VFWA) yang terlalu rendah berarti campuran bersifat porous dan mudah teroksidasi.

Nilai *Void Filled With Asphalt* dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$VFWA = \frac{100(VMA - VIM)}{VMA}$$

dengan :

VFWA : volume pori antar butiran yang terisi aspal % dari VMA.

VMA : pori antara butir agregat didalam beton aspal padat, % dari volume bulk beton aspal padat.

VIM : Volume pori dalam aspal padat, % dari volume bulk beton aspal padat.

Untuk menghitung nilai *void in the mix* (VITM), *void in the mineral aggregate* (VMA), dan *void filled with asphalt* (VFWA) menggunakan data dan rumus dibawah ini:

- Berat jenis aspal (gr / cc) = $G_{s_{as}}$
 Berat jenis agregat (gr / cc) = $G_{s_{ag}}$
 Kadar aspal terhadap campuran (%) = b
 Berat campuran di udara (gr) = c
 Berat campuran dalam air = e
 Berat campuran dalam SSD (gr) = d
 Volume campuran (cc) = $f = d - e$
 Berat volume campuran (gr / cc) = $g = c / f$
 a) Kepadatan teoritis maksimum (h, gr / cc)

$$h = 100 \div \left(\frac{\%agr}{bjagr} + \frac{\%asp}{bjasp} \right)$$

- b) Volume aspal terhadap campuran (i, %)

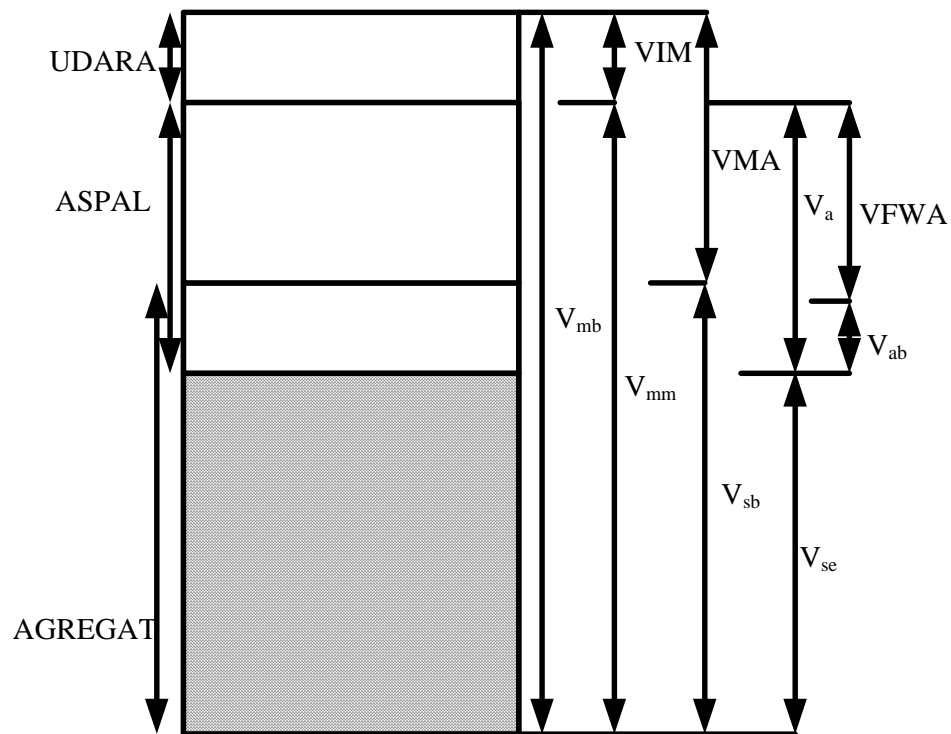
$$i = \frac{b \times g}{bjAsp}$$

- c) Volume aspal terhadap agregat (j, %)

$$j = (100 - b) \times \frac{g}{bjagr}$$

- d) Jumlah kandungan rongga (k, %)

$$k = 100 - i - j$$



Gambar 3.1. Skematik berbagai jenis volume beton aspal

Keterangan :

V_{mb} : volume bulk dari campuran beton aspal padat.

V_{sb} : Volume agregat, adalah volume bulk dari agregat (volume bagian masif + pori yang ada didalam masing-masing butir agregat).

V_{se} : volume agregat, adalah volume efektif dari agregat (volume bagian masif + pori yang tidak terisi aspal didalam masing-masing butir agregat).

VMA : Volume pori diantara butir agregat didalam beton aspal padat.

V_{mm} : Volume tanpa pori dari beton aspal padat.

VIM : Volume pori dalam beton aspal padat.

V_a : volume aspal dalam beton aspal padat.

VFA : Volume pori beton aspal yang terisi aspal.

V_{ab} : Volume aspal yang terabsorbsi kedalam agregat dari beton aspal padat.

$$V_{ab} = \frac{100(G_{se} - G_{sb})}{G_{se} \cdot G_{sb}}$$

dengan :

G_{sb} : berat jenis bulk dari agregat pembentukan beton aspal padat.

G_{se} : berat jenis efektif dari agregat pembentukan beton aspal padat.

4. Kapadatan atau *Density*

Kepadatan atau *density* diperoleh dari berat campuran yang diukur dalam satuan volume. *Density* adalah menunjukkan kepadatan campuran *hot roller sheet*. kepadatan dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain gradasi campuran, jenis dan kualitas bahan yang digunakan, kadar aspal, kekentalan aspal, jumlah dan suhu pemadatan.

Nilai *Density* dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$D = \frac{4 \cdot M_a}{\pi \cdot d^2 \cdot h}$$

dengan :

D : density (gr/cm³)

M_a : berat benda uji diudara (gram)

d : diameter benda uji (cm)

h : tinggi benda uji (cm)

5. *Spesific Gravity* Campuran

Spesific Gravity Campuran adalah perbandingan persen berat tiap komponen dan *specific gravity* tiap komponen penyusun campuran aspal. Besarnya *specific gravity* campuran penting untuk menentukan besarnya porositas.

Berat jenis campuran (*Specific Gravity* Campuran) diperoleh dari rumus berikut :

$$G_{smix} = \frac{100}{\frac{\%Wak}{SGak} + \frac{\%Wah}{SGah} + \frac{\%Wb}{SGB}}$$

dengan :

$\%Wak$: Persen berat agregat kasar (%)

$\%Wah$: Persen berat agregat halus (%)

$\%Wb$: Persen berat aspal (%)

G_{sak} : *Spesific Gravity* agregat kasar

G_{sah} : *Spesific Gravity* agregat halus

G_{sb} : *Spesific Gravity* aspal

6. ITS (*Indirect Tensile Strenght Test*)

Sunarjono (2007) menjelaskan bahwa pengujian *indirect tensile strength test*, benda uji campuran aspal beton yang berbentuk silinder dikenakan beban tekan antara dua plat berbentuk cekung dengan lebar 12,5 mm pada bagian penekan *Marshall* yang menciptakan tegangan tarik, sepanjang bidang diameter vertikal benda uji menyebabkan kegagalan pemisahan. Pembebanan tekan dilakukan secara terus menerus dengan laju konstan sampai mencapai beban maksimum, dimana setelah pembebanan maksimum maka benda uji akan mengalami patah tulang. Jenis kegagalan dicatat dapat membantu pemahaman penampilan retak dalam campuran. *Indirect tensile strength* adalah tegangan tarik maksimum dihitung dari pembebanan maksimum, benda uji mengalami putus atau terbelah menjadi dua bagian dari benda uji yang berbentuk silinder. Besarnya *Indirect tensile strength* dapat diperoleh dengan rumus berikut :

$$ITS = \frac{2 \times P}{\pi \times D \times t}$$

Dimana :

ITS = Nilai kuat secara tidak langsung (N/mm^2)

P = Nilai beban maksimum (KN)

t = Tinggi benda uji (mm)

D = Diameter benda uji (mm)

C. Perhitungan Hubungan Antara Dua Variabel

1) Regresi Linier

Regresi Linier, mempunyai persamaan sebagai berikut :

$$Y = a + b X$$

Dimana :

a dan b bilangan konstan

Y = variabel yang diramalkan

X = variabel yang diketahui

2) Regresi Linier Berganda

Regresi linier berganda merupakan regresi linier untuk lebih dari dua variabel, yang dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$Y = a + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_n X_n$$

Dimana :

Y merupakan variabel yang akan diramalkan, sedang X_1, X_2, \dots, X_n adalah variabel yang diketahui yang dijadikan dasar dalam membuat ramalan tersebut.

3) Regresi Non Linaer

Hubungan dua antara variabel X dan Y tidak selalu bersifat linaer, akan tetapi bisa juga bersifat bukan linear (nonlinear). Diagram pencar dari hubungan yang linear akan menunjukkan suatu pola yang dapat didekati dengan garis lurus, sedangkan yang bukan linear harus didekati dengan garis lengkung, misalnya dengan fungsi parabola. Ada bentuk-bentuk hubungan fungsional yang bukan linear namun dapat ditransformasikan menjadi linear dan ada juga yang tidak dapat. Berikut ini adalah bentuk fungsi bukan linear yang dapat diubah bentuknya (ditransformasikan) menjadi linear berikut.

a) $Y = AX^B$ dapat diubah menjadi bentuk linear $\Rightarrow \log Y = \log A + B \log X$
 $\Rightarrow Y_o = A_o + BX_o$ dimana $Y_o = \log Y$, $X_o = \log X$. Transformasi ini disebut “*double-log transformation*”. Metode kuadrat terkecil kemudian diterapkan pada $Y_o = A_o + BX_o$.

b) $Y = A + B \frac{1}{X}$ dapat diubah menjadi $Y = A + BZ$ dimana $Z = \frac{1}{X}$, $Z =$ variabel baru, hasil transformasi. Transformasi ini disebut “*reciprocal transformation*”

- c) $Y = Ae^{BX} \Rightarrow \log Y = \log A + BX \Rightarrow Y_o = A_o + BX$, dimana $Y_o = \log Y$ dan $A_o = \log A$. Metode kuadrat terkecil kemudian diterapkan pada $Y_o = A_o + BX$.
- d) $Y = AB^X \Rightarrow \log Y = \log A + X \log B \Rightarrow Y_o = A_o + B_o X$ dimana $Y_o = \log Y$, $A_o = \log A$ dan $B_o = \log B$. transformasi disebut “*semi log transformation*”. Metode kuadrat terkecil kemudian diterapkan pada $Y_o = A_o + B_o X$

D. Koefisien Korelasi

Menurut Supranto, 2005 Koefisien korelasi dapat dihitung dengan beberapa metode, yaitu :

1) Metode *Last Square*

Jumlah kuadrat dari deviasi vertikal dari nilai-nilai Y dengan garis regresi adalah hanya merupakan suatu ukuran terhadap kecocokan (*goodness of fit*) :

$$\sum_{i=1}^n (Y_i - Y'_i)^2, -1 \leq r \leq 1$$

+ menunjukkan adanya korelasi positif .

_ menunjukkan adanya korelasi negatif.

0 menunjukkan tidak adanya korelasi.

Apabila koefisien korelasi (r) mendekati – atau + berarti terdapat hubungan yang kuat, sebaliknya apabila mendekati 0 berarti terdapat hubungan yang lemah atau tidak ada hubungan.

Bila perbedaan antara nilai yang sebenarnya (Y) dengan nilai yang diperkirakan (Y') kecil, maka jumlah kuadratnya juga kecil dan bila perbedaannya besar maka jumlah kuadratnya juga besar. Besarnya ukuran ini tergantung pada unit-unit Y, apakah unit ini dalam puluhan, ratusan atau ribuan. Oleh karena itu terdapat ukuran-ukuran yang kurang memuaskan. Untuk menghilangkan kesukaran tersebut maka dalam mengukur goodness of fit dari garis regresi itu

tidak hanya dengan $\sum_{i=1}^n (Y_i - Y'_i)^2$ saja, melainkan dengan membandingkan jumlah tersebut dengan $\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2$ yaitu jumlah kuadrat deviasi nilai Y dengan meannya (\bar{Y}).

Untuk mengadakan perbandingan dengan suatu dasar yang tepat, biasanya digunakan nilai statistik :

$$r = \sqrt{1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - Y'_i)^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}}$$

Bila kesesuaian tidak baik atau bila perbedaan antara Y dan Y' besar, maka perbandingan antara kedua jumlah kuadrat itu akan mendekati 1, dan r (koefisien korelasi) akan mendekati 0. Sebaliknya bila kesesuaian baik, maka perbandingan antara kedua jumlah kuadrat itu akan mendekati 0, dan r akan mendekati 1.

2) Metode *pearson Product Moment*

Walaupun rumus menurut metode last square dapat dipergunakan untuk menentukan koefisien korelasi, tetapi kadang-kadang digunakan cara lain, sebab cara ini banyak memerlukan perhitungan. Perhitungan yang terlalu banyak ini dapat dihindarkan bila dipergunakan cara lain, yakni dengan menggunakan metode *pearson product moment* :

$$r = \frac{(n \cdot \sum X \cdot Y) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{n \cdot (\sum X^2) - (\sum X)^2} \cdot \sqrt{n \cdot (\sum Y^2) - (\sum Y)^2}}$$

Dalam penelitian ini untuk menentukan nilai korelasi menggunakan metode *pearson Product Moment*.

BAB IV

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan didalam laboratorium untuk mendapatkan suatu data hasil penelitian dengan melalui beberapa tahap, yaitu mulai dari persiapan, pemeriksaan bahan / material yang berupa agregat halus dan agregat kasar, aspal dilanjutkan dengan perencanaan campuran, pembuatan benda uji sampai tahap pelaksanaan pengujian dengan menggunakan alat *Indirect Tensile Strength*. Material yang digunakan adalah jenis *Hot Roller Sheet* dengan aspal pen 60/70. Alat pemadat yang digunakan adalah *Marshall Hammer* dengan jumlah tumbukan dalam pemadatan 75 kali dan 50 kali.

A. Tahapan Penelitian

Proses penelitian ini dilaksanakan dalam empat tahap, yaitu :

- Tahap I : Pengujian bahan agregat dan aspal.
- Tahap II : Perhitungan rencana campuran, pembuatan benda uji dan perawatan benda uji sampai benda uji siap untuk di uji.
- Tahap III : Pengujian benda uji dengan ITS (*Indirect Tensile Strength*).
- Tahap IV : Analisa data dan Kesimpulan.

B. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini, agregat kasar dan agregat halus berasal dari PT. Panca Darma yang berasal dari Wonogiri yang diperoleh dengan alat pemecah batu (*Stone Crusher*). Untuk aspal yang dipakai dalam penelitian ini adalah jenis AC 60/70 hasil produksi PT.Pertamina Cilacap. *Filler* yang digunakan dalam penelitian ini adalah hasil gradasi yang lolos saringan No.200, jenis *filler* yang digunakan adalah abu batu, sedangkan variasi kadar aspal adalah 5%, 6%, 7%, 8%, 9%, 10% terhadap total agregat.

a. Agregat

Bahan dasar agregat yang digunakan terdiri atas dua buah jenis yaitu agregat kasar (batu kerikil) Gambar IV.1 dan agregat halus dapat dilihat pada Gambar IV.2 yang berasal dari PT.Panca Darma.



Gambar IV.1. Agregat Kasar



Gambar IV.2. Agregat Halus

b. Aspal yang digunakan adalah aspal keras AC produksi PT. Pertamina Cilacap 60-70.

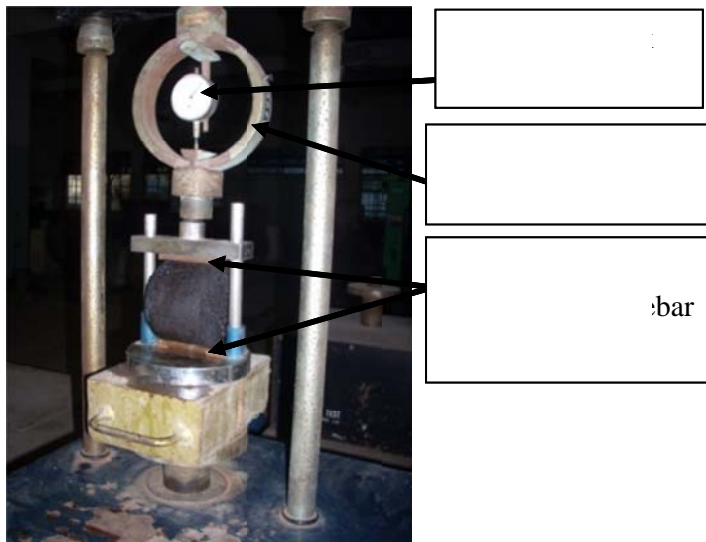


Gambar IV.3. Aspal

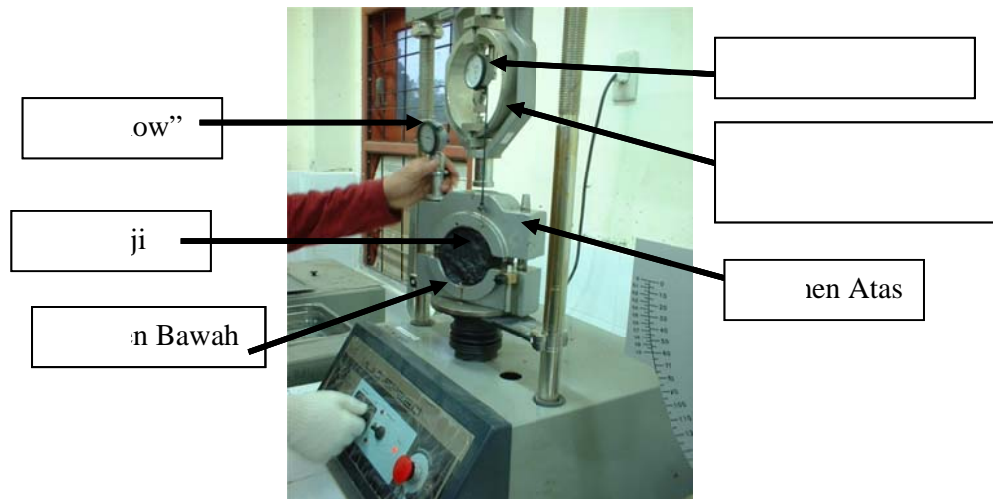
C. Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini semuanya tersedia di Laboratorium Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta. Berikut dijelaskan peralatan yang digunakan dalam penelitian. Alat tes uji ITS (*Indirect Tensile Strength*) yang merupakan alat gaya tarik tidak langsung (tarik), dilengkapi dengan plat berbentuk cekung dengan lebar 12,5 mm pada bagian penekan *Marshall*.

1. Alat tes uji ITS (*Indirect Tensile Strength*)

Gambar IV.4. Alat uji ITS (*Indirect Tensile Strength*)

2. Alat tes uji *marshall*



Gambar IV.5. Alat uji *marshall*

Alat *marshall* yang di modifikasi untuk uji *Indirect Tensile Strength* adalah sebagai berikut :

1. Alat uji *Indirect Tensile Strength* tidak menggunakan dial “Flow”
2. Alat uji *Indirect Tensile Strength* tidak menggunakan segmen atas dan segmen bawah, namun menggunakan plat berbentuk cekung dengan lebar 12,5 mm.
3. Alat uji pemeriksaan fisik agregat meliputi mesin *Los Angeles*.



Gambar IV.6. *Los Angeles machine*

4. Satu set ayakan pasir dan kerikil

Alat ini terbuat dari baja. Untuk ayakan agregat kasar dan halus ukuran lubangnya sebagai berikut: 3/4, 1/2, 3/8, No.3, No.4, No.8, No.30, No.50, No.80, No.200 serta pan.

Alat ini berfungsi untuk pengujian gradasi agregat kasar dan agregat halus. Alat Satu set ayakan pasir dapat dilihat pada Gambar IV.7.



Gambar IV.7. Satu set ayakan

5. Mesin penggetar ayakan

Alat ini digunakan untuk menggetarkan susunan ayakan yang berisi agregat agar terpisah sesuai dengan ukuran butirnya. Alat ini digerakkan dengan tenaga listrik. Alat mesin penggetar ayakan dapat dilihat pada Gambar IV.8.



Gambar IV.8. Mesin penggetar ayakan

6. Timbangan

Timbangan yang digunakan adalah timbangan kecil dengan *digital* yang mempunyai kapasitas 3 kg, timbangan ini digunakan untuk menimbang berat agregat kasar, halus dan aspal setelah dipanaskan. Alat ini dapat dilihat pada Gambar IV. 9.



Gambar IV.9. Timbangan *digital*

7. Tabung *sand equivalent*

Percobaan ini dimaksudkan untuk mengetahui kandungan lumpur dan tingkat kebersihan agregat halus pada pasir. Alat ini dapat dilihat pada Gambar IV. 10.



Gambar IV. 10. Tabung *sand equivalent*

8. Picnometer

Alat ini digunakan untuk pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat pasir, *picnometer* mempunyai kapasitas 500 cc. Alat ini dapat dilihat pada Gambar IV.11.



Gambar IV.11. *Picnometer*

9. Keranjang Kawat

Digunakan sebagai tempat agregat kasar atau halus pada waktu direndam dalam air. Alat ini dapat dilihat pada Gambar IV.12.



Gambar IV.12. Keranjang Kawat

10. Oven

Alat ini berfungsi untuk mengeringkan sampel agregat halus dan kasar, yaitu pada waktu dilaksanakan pemeriksaan kandungan kadar lumpur, pengujian berat jenis dan penyerapan agregat. Alat ini dapat dilihat pada Gambar IV.13.



Gambar IV.13. *Oven*

11. *Penetrometer*

Alat ini berfungsi untuk memeriksa penetrasi bahan-bahan bitumen untuk menentukan penetrasi bitumen keras atau lembek dengan memasukkan jarum penetrasi ukuran tertentu kedalam bitumen pada suhu tertentu. Alat ini dapat dilihat pada Gambar IV.14.



Gambar IV.14. *Penetrometer*

12. *Dactility Machine*

Alat ini berfungsi untuk pemeriksaan Daktilitas. Alat ini dapat dilihat pada Gambar IV.15.



Gambar IV.15. *Ductility Machine*

13. Kompor dan Wajan pemanas.

Alat ini berfungsi untuk memanaskan agregat dan aspal seta sebagai tempat agregat dan aspal dipanaskan. Alat ini dapat dilihat pada Gambar IV.16 dan pada Gambar IV.17.



Gambar IV.16. Kompor pemanas.



Gambar IV.17. Wajan.

14. Cetakan benda uji

Cetakan benda uji yang berbentuk silinder dengan diameter 10,5 cm dengan tinggi 7,20 cm lengkap dengan pelat atas dan leher sambung. Alat ini dapat dilihat pada Gambar IV.18.



Gambar IV.18. Cetakan silinder diameter 10,5 cm dan tinggi 7,20 cm.

15. *Marshall Hammer* atau *Compactor*

Alat ini mempunyai berat 4,536 kg dan tinggi jatuh 45,7 cm. Alat ini berfungsi untuk memadatkan sampel. Alat ini dapat dilihat pada Gambar IV.19.



Gambar IV.19. *Compactor*

16. *Ejector*

Alat ini digunakan untuk mengeluarkan benda uji setelah dipadatkan. Alat ini dapat dilihat pada Gambar IV.20.



Gambar IV.20. *Ejector*

17. Bak perendaman (*water bath*).

Alat ini dilengkapi dengan pengatur suhu. digunakan untuk merendam benda uji pada suhu tertentu setelah benda uji di padatkan. Alat ini dapat dilihat pada Gambar IV.21.



Gambar IV.21. *Water bath*

18. Pengukur suhu / *thermometer* berkapasitas 250 °C.

Alat ini digunakan untuk mengukur suhu pada agregat dan aspal pada waktu di panaskan. Alat ini dapat dilihat pada Gambar IV.22.



Gambar IV.22. *Thermometer*

19. Perlengkapan lainnya :

- a. Ember
- b. Cangkul
- c. Skop
- d. Cetok
- e. Alat pengaduk

Alat ini dapat dilihat pada Gambar IV.23.



Gambar IV.23. Perlengkapan lain.

D. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Transportasi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Adapun langkah penelitian sebagai berikut:

Tahap I : Pengujian bahan dan aspal

Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan bahan-bahan yang memenuhi spesifikasi meliputi :

1. Pemeriksaan agregat kasar meliputi :

a. Tes abrasi *Los Angeles*

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan ketahanan agregat kasar terhadap keausan dengan mempergunakan mesin *Los Angeles*. Keausan tersebut dinyatakan dengan perbandingan antara berat bahan aus lewat saringan no. 12 (1,70 mm) terhadap berat semula dalam persen.

Langkah- langkah pemeriksaan sebagai berikut :

- 1). Menyediakan batu kerikil dengan berat 5000 gram.
- 2). Memasukan bola-bola baja dan batu kerikil ke dalam mesin *Los Angeles*.
- 3). Memutar mesin *Los Angeles* dengan kecepatan 30 – 35 rpm sebanyak 500 putaran, lalu benda uji dikeluarkan dan disaring dengan saringan no.12 (1,70 mm).
- 4). Butiran yang tertahan ditimbang catat hasilnya.

Adapun rumus-rumus yang dipakai untuk uji keausan agregat sebagai berikut:

$$Keausan = \frac{a - b}{a} \times 100\%$$

dengan :

a = berat benda uji semula (gram)

b = berat benda uji tertahan saringan (1,70 mm) no. 12 (gram)

b. Pemeriksaan kelekatan pada agregat terhadap aspal

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan kelekatan agregat terhadap aspal. Kelekatan agregat terhadap aspal adalah presentasi luas permukaan batuan terhadap keseluruhan luas permukaan.

Langkah- langkah pemeriksaan sebagai berikut :

- 1) Mengambil 100 gr agregat dan memasukkan ke dalam wadah isi aspal sebanyak $(5,5 \pm 0,2)$ gram yang telah dipanaskan sampai pada suhu yang diperlukan. Mengaduk aspal dan agregat sampai merata dengan spatula selama 2 menit.
- 2) Memindahkan adukan tersebut ke dalam gelas kimia, mengisi air suling ke dalam gelas kimia sebanyak 500 ml dan mendiamkan tabung berisi adukan pada suhu ruang selama 24 jam.
- 3) Amati campuran apakah ada agregat yang terlepas atau tidak.

c. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat kasar

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis (*specific gravity*, berat jenis kering permukaan jenuh (*saturated surface dry specific gravity*), berat jenis semu (*apparent specific gravity*) dari agregat kasar.

- 1) Berat jenis bulk (*bulk specific gravity*) adalah perbandingan antara agregat kering dan air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.
- 2) Berat jenis kering permukaan jenuh SSD (*Saturated Surface Dry*) adalah perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.
- 3) Berat jenis semu (*apparent specific gravity*) adalah perbandingan antara berat agregat kering dan air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan kering pada suhu tertentu.

- 4) Penyerapan adalah persentase berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kering.

Langkah- langkah pemeriksaan sebagai berikut :

- 1) Cuci benda uji untuk menghilangkan debu atau bahan-bahan lain yang melekat pada permukaan.
- 2) Keringkan benda uji dalam oven pada suhu 105 °C sampai berat tetap.
- 3) Dinginkan benda uji pada suhu kamar selama 1-3 jam, kemudian timbang dengan ketelitian 0,5 gr. (BK)
- 4) Rendam benda uji dalam air pada suhu kamar selama (24±4) jam.
- 5) Keluarkan benda uji dari air dan dilap dengan kain penyerap sampai selaput air pada permukaan hilang (SSD), untuk butiran yang besar pengeringan harus satu per satu.
- 6) Timbang benda uji kering permukaan jenuh. (BJ)
- 7) Letakkan benda uji dalam keranjang, guncangkan batunya untuk mengeluarkan udara yang tersekap dan tentukan beratnya di dalam air (BA). Ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan pada suhu standar (25) °C.

Perhitungan.

$$a. \text{ Berat jenis bulk (bulk specific gravity)} = \frac{Bk}{Bj - Ba}$$

$$b. \text{ Berat jenis kering permukaan jenuh} = \frac{Bj}{Bj - Ba}$$

$$c. \text{ Berat jenis semu} = \frac{BK}{Bk - Ba}$$

$$d. \text{ Penyerapan} = \frac{Bk}{Bk - Ba}$$

dengan :

Bk = berat benda uji kering oven , (gram).

B_j = berat benda uji kering permukaan jenuh,
(gram).

B_a = berat benda uji kering permukaan jenuh di
dalam air, (gram).

d. Pemeriksaan Analisa Saringan agregat kasar

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat kasar dengan menggunakan saringan.

Langkah- langkah pemeriksaan sebagai berikut :

1. Keringkan benda uji di dalam *oven* dengan suhu $(100 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai beratnya tetap.
2. Saring benda uji lewat susunan saringan dengan ukuran saringan paling besar ditempatkan paling atas. Saringan diguncang dengan tangan atau mesin pengguncang selama 15 menit.

2. Pemeriksaan agregat halus meliputi :

a. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat halus.

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis (*specific gravity*), berat jenis kering permukaan jenuh (*saturated surface dry specific gravity*), berat jenis semu (*apparent specific gravity*) dan penyerapan dari agregat halus.

- 1) Berat jenis bulk (*bulk specific gravity*) adalah perbandingan antara agregat kering dengan air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.
- 2) Berat jenis kering permukaan jenuh (*SSD specific gravity*) adalah perbandingan antara agregat kering permukaan jenuh dengan air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.
- 3) Berat jenis semu (*apparent specific gravity*) adalah perbandingan antara berat agregat kering dengan air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan kering pada suhu tertentu.

- 4) Penyerapan adalah persentase berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kering.

Langkah- langkah pemeriksaan sebagai berikut :

- 1) Keringkan benda uji dalam *oven* pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap. Yang dimaksud dengan berat tetap adalah keadaan berat benda uji selama 3 kali proses penimbangan dan pemanasan dalam *oven* dengan selang waktu 2 jam berturut-turut, tidak akan mengalami perubahan kadar air lebih besar dari pada 0,1 %. Mendinginkan pada suhu ruang, kemudian rendam dalam air selama (24 ± 4) jam.
- 2) Buang air perendam dengan hati-hati, jangan ada butiran yang hilang, tebarkan agregat di atas talam, keringkan di udara panas dengan cara membalik-balikkan benda uji. Lakukan pengeringan sampai tercapai keadaan kering permukaan jenuh.
- 3) Periksa keadaan kering permukaan jenuh dengan mengisikan benda uji ke dalam kerucut terpancung, padatkan dengan penumbuk sebanyak 25 kali, angkat kerucut terpancung. Keadaan kering udara permukaan jenuh tercapai bila benda uji runtuh akan tetapi masih dalam keadaan bentuk cetakan.
- 4) Segera setelah tercapai keadaan kering permukaan jenuh masukkan 500 gr benda uji ke dalam *picnometer*. Masukkan air suling sampai mencapai 90 % isi *picnometer*, memutar sambil diguncangkan sampai tidak terlihat gelembung udara di dalamnya. Untuk mempercepat proses ini dapat digunakan pompa udara, tetapi harus diperhatikan jangan sampai ada air yang ikut terhisap, dapat juga dilakukan dengan merebus *picnometer*.

- 5) Rendam *picnometer* dalam air dan ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan pada suhu standar 25°C.
- 6) Tambahkan air sampai mencapai tanda batas.
- 7) Timbang *picnometer* berisi air dan benda uji sampai ketelitian 0,1 gr (Bt).
- 8) Keluarkan benda uji, keringkan dalam oven dengan suhu $(100 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap, kemudian dinginkan benda uji desicator.
- 9) Setelah benda uji dingin kemudian timbanglah (Bk).
- 10) Tentukan berat *picnometer* berisi air penuh dan ukur suhu air guna penyesuaian dengan suhu standar 25°C (B).

Perhitungan :

$$\begin{aligned}
 \text{a. Berat jenis bulk (bulk specific gravity)} &= \frac{Bk}{B + 500 - Bt} \\
 \text{b. Berat jenis kering permukaan jenuh} &= \frac{500}{B + 500 - Bt} \\
 \text{c. Berat jenis semu} &= \frac{Bk}{B + Bk - Bt} \\
 \text{c. Berat jenis semu} &= \frac{500 - Bk}{Bk} \times 100\%
 \end{aligned}$$

Dengan :

Bk = berat jenis uji kering oven, (gram).

B = berat *picnometer* berisi air, (gram).

Bt = berat *picnometer* berisi benda uji dan air, (gram).

500 = berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh, (gram).

b. Pemeriksaan *Sand equivalent*

Pemeriksaan *Sand equivalent* ini untuk menentukan kadar debu yang menyerupai lempung pada agregat halus/ pasir.

Langkah- langkah pemeriksaan sebagai berikut :

- 1) Isikan larutan kerja CaCl_2 ke dalam tabung sampai 4'.
- 2) Sifon diletakkan dengan ketelitian $36' \pm 1'$ ($915 \pm 25\text{mm}$).

- 3) Masukkan benda uji dengan corong ke dalam tabung, ketuk-ketuk supaya udara dalam tabung keluar.
- 4) Biarkan benda uji dalam silinder selama 10 menit.
- 5) Tutup tabung dan guncangkan secara horizontal sebanyak 90 kali selama 30 detik.
- 6) Letakkan tabung di meja, buka karet penutup, masukkan irrigator dan tekan sampai dasar tabung dan aduk pelan-pelan sampai butir-butir halus menjadi tersuspensi.
- 7) Isikan larutan CaCl_2 sampai 15' sambil diangkat irrigatornya pelan-pelan dan diatur alirannya sehingga permukaan tetap 15'.
- 8) Biarkan selama 20 menit \pm 15 detik
- 9) Segera baca garis batas suspensi lempung sebagai *Clay Reading* (pembacaan lempung).
- 10) Kemudian diadakan pembacaan pasir (*Sand Reading*) yaitu dengan memasukkan kaki pemberat dalam tabung pelan-pelan (jangan sampai menyentuh mulut tabung)
- 11) Setelah menyentuh permukaan pasir singgungkan *indicator* pada skala ukur, baca hasilnya dan kurangi 10'.

Adapun rumus-rumus yang dipakai untuk uji *Sand equivalent* sebagai berikut :

$$SE = \frac{\text{Sand Reading}}{\text{Clay Reading}}$$

c. Pemeriksaan Analisa Saringan agregat halus

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat halus dengan menggunakan saringan.

Langkah- langkah pemeriksaan sebagai berikut :

- 1) Keringkan benda uji di dalam *oven* dengan suhu $(100 \pm 5)^\circ\text{C}$ sampai beratnya tetap.
- 2) Saring benda uji lewat susunan saringan dengan ukuran saringan paling besar ditempatkan paling atas. Saringan diguncang dengan tangan atau mesin pengguncang selama 15 menit.

3. Pemeriksaan aspal meliputi :

a. Penetrasi aspal

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan penetrasi bitumen keras atau lembek dengan memasukkan jarum penetrasi ukuran tertentu, beban dan waktu tertentu ke dalam bitumen pada suhu tertentu.

Langkah- langkah pemeriksaan sebagai berikut :

- 1) Letakkan benda uji dalam tempat air yang kecil dan masukkan tempat air tersebut dalam bak perendam yang telah berada pada suhu yang ditentukan. Diamkan dalam bak tersebut selama 1 sampai 1,5 jam untuk benda uji kecil dan 0,5 sampai 1,5 jam untuk benda uji besar.
- 2) Periksa pemegang jarum agar dapat dipasang dengan baik dan bersihkan jarum penetrasi dengan pelarut lain kemudian keringkan jarum tersebut dengan lap bersih dan pasanglah jarum pada pemegang jarum.
- 3) Letakkan pemberat 50 gr di atas jarum untuk memperoleh beban sebesar $(100 \pm 0,1)$ gr.
- 4) Pindahkan tempat air dari bak perendam ke bawah alat penetrasi.
- 5) Turunkan jarum perlahan-lahan sehingga jarum tersebut menyentuh permukaan benda uji. Kemudian aturlah angka nol di arloji *penetrometer*, sehingga jarum penunjuk berhimpit dengannya.
- 6) Lepaskan pemegang jarum dan serentak jalankan *stopwatch* selama jangka waktu $(5 \pm 0,1)$ detik.
- 7) Putarlah arloji *penetrometer* dan bacalah angka penetrasi yang berhimpit dengan jarum penunjuk. Bulatkan hingga angka 0,1 mm terdekat.
- 8) Lepaskan jarum dari pemegang jarum dan siapkan alat penetrasi untuk pekerjaan berikutnya.

- 9) Lakukan pekerjaan a sampai dengan g di atas kurang lebih 5 kali untuk benda uji yang sama dengan ketentuan setiap titik pemeriksaan berjarak satu sama lain dan dari tiap dinding lebih dari 1 cm.

b. Titik lembek

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan titik lembek aspal dan ter yang berkisar antara 30°C sampai 200°C. Yang dimaksud dengan titik lembek adalah suhu pada saat bola baja, dengan berat tertentu, mendesak turun suatu lapisan aspal atau ter tersebut menyentuh plat dasar yang terletak di bawah cincin pada tinggi tertentu, sebagai akibat kecepatan pemanasan tertentu.

Langkah- langkah pemeriksaan sebagai berikut :

- 1) Pasang dan aturlah kedua benda uji di atas dudukannya dan letakkan pengarah bola di atasnya. Kemudian masukkan seluruh peralatan tersebut ke dalam bejana gelas.

Isilah bejana dengan air suling baru, dengan suhu $(5 \pm 1) ^\circ\text{C}$ sehingga tinggi permukaan air berkisar antara 101,6 mm sampai 108 mm. Letakkan *termometer* yang sesuai dengan pekerjaan ini di antara kedua benda uji (kurang lebih 12,7 mm) dari tiap cincin.

Periksa dan aturlah jarak antar permukaan plat dasar dengan benda uji sehingga menjadi 25,4 mm.

- 2) Letakkan bola-bola baja yang bersuhu 5°C di atas dan di tengah permukaan masing-masing benda uji yang bersuhu 5°C menggunakan penjepit dengan memasang kembali pengarah bola.

- 3) Panaskan bejana sehingga kenaikan suhu menjadi 5°C per menit. Kecepatan pemanasan ini tidak boleh diambil dari kecepatan pemanasan rata-rata dari awal dan akhir pekerjaan ini.

Untuk 3 menit yang pertama perbedaan kecepatan pemanasan tidak boleh melebihi 0,5°C.

c. Daktilitas

Maksud pemeriksaan daktilitas ini adalah mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antara dua cetakan yang berisi bitumen keras sebelum putus, pada suhu dan kecepatan tarik tertentu.

Langkah- langkah pemeriksaan sebagai berikut :

- 1) Benda uji didiamkan pada suhu 25 °C dalam bak perendam selama 85 sampai 95 menit, kemudian lepaskan benda uji dari plat dasar dan sisi-sisi cetakannya.
- 2) Pasanglah benda uji pada alat mesin uji dan tariklah benda uji secara teratur dengan kecepatan 5 cm/menit sampai benda uji putus. Perbedaan kecepatan lebih kurang 5% masih diijinkan. Bacalah jarak antara pemegang cetakan, pada saat benda uji putus (dalam cm). Selama percobaan berlangsung benda uji harus selalu terendam sekurang-kurangnya 2,5 cm dari air dan suhu harus dipertahankan tetap $(25 \pm 0,5)$ °C.

d. Berat jenis

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis bitumen atau ter dengan *picnometer*.

Berat jenis bitumen atau ter adalah perbandingan antara berat bitumen atau ter dan air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu.

Langkah- langkah pemeriksaan sebagai berikut :

- a. Isilah bejana dengan air suling sehingga diperkirakan bagian atas *picnometer* yang tidak terendam 40 mm. kemudian rendam dan jepitlah bejana tersebut dalam bak perendam sehingga terendam sekurang-kurangnya 100 mm. Aturlah suhu bak perendam pada suhu 25 °C.
- b. Bersihkan, keringkan dan timbang *picnometer* dengan ketelitian sampai 1 mg. (A)
- c. Angkatlah bejana dari bak perendam dan isilah *picnometer* dengan air suling kemudian tutuplah *picnometer* tanpa ditekan.

- d. Letakkan *picnometer* ke dalam bejana dan tekanlah penutup sehingga rapat, kembalikan bejana berisi *picnometer* ke dalam bak perendam. Diamkan bejana tersebut di dalam bak perendam selama sekurang-kurangnya 30 menit, kemudian angkatlah *picnometer* dan keringkan dengan lap. Timbanglah *picnometer* dengan ketelitian 1 mg. (B)
- e. Tuangkan benda uji tersebut ke dalam *picnometer* yang telah kering hingga terisi $\frac{3}{4}$ bagian.
- f. Biarkan *picnometer* sampai dingin, tidak kurang dari 40 menit dan timbanglah dengan penutupnya dengan ketelitian 1 mg. (C)
- g. Isilah *picnometer* yang terisi benda uji dengan air suling dan tutuplah tanpa ditekan, diamkan agar gelembung-gelembung udara keluar.
- h. Angkatlah bejana dari bak perendam dan letakkan *picnometer* di dalamnya dan kemudian tekanlah penutup hingga rapat.
- i. Masukkan dan diamkan bejana ke dalam bak perendam selama sekurang-kurangnya 30 menit. Angkat, keringkan dan timbanglah *picnometer*. (D)

Hitunglah berat jenis dengan rumus :

$$BJ = \frac{(C - A)}{(B - A) - (D - C)}$$

Dengan :

A = Berat *picnometer* (dengan penutup) (gr)

B = Berat *picnometer* berisi air (gr)

C = Berat *picnometer* berisi aspal (gr)

D = Berat *picnometer* berisi aspal dan air (gr)

Tahap II :Perhitungan rencana campuran, pembuatan benda uji dan perawatan benda uji sampai benda uji siap untuk di uji.

Dalam pembuatan benda uji yang digunakan adalah agregat dan aspal yang memenuhi spesifikasi.

Tahap ini merupakan tahap pencampuran dan pemadatan benda uji antara agregat dan aspal. Agar proses pencampuran dapat homogen dan sesuai prosedur yang telah ditentukan untuk mendapatkan hasil yang baik, maka dilakukan beberapa metode sebagai berikut:

1. Komposisi campuran agregat

Perencanaan campuran (*mix design*) ini dilakukan untuk mendapatkan suatu perbandingan yang tepat antara agregat halus, sedang, dan kasar sehingga diperoleh suatu campuran yang memenuhi suatu persyaratan tertentu.

Sebelum melakukan pembuatan benda uji maka ada hal-hal yang perlu dilakukan sebagai berikut.

- a. Menentukan spesifikasi yang akan dicapai. Spesifikasi adalah harga-harga batas yang harus dipenuhi oleh campuran.
- b. Menentukan kombinasi atau perbandingan dari bahan-bahan sehingga gradasi kombinasi campuran memenuhi spesifikasi gradasi yang telah ditentukan.

Dengan cara diatas maka didapat hasil perbandingan agregat sebagai berikut :

Tabel IV. 1 Perbandingan agregat.

Fraksi I	Fraksi II	Fraksi III	<i>Filler</i>
CA : 26 %	FA : 6%	MA : 66 %	2 %

(Sumber : Hasil Penelitian)

2. Perencanaan benda uji.

a. Komposisi agregat

- 1) Fraksi I (kasar) = 26 %
- 2) Fraksi II (Sedang) = 6 %
- 3) Fraksi III (Halus) = 66 %
- 4) *Filler* = 2 %

b. Variasi kadar aspal dan jumlah benda uji

Variasi kadar aspal direncanakan 6 variasi : 5%, 6%, 7%, 8%, 9% dan 10%. Setiap variasi dibuat 3 buah benda uji baik untuk benda uji dengan jumlah tumbukan 50 kali ataupun 75 kali, sehingga total jumlah benda uji adalah 36 buah.

Berat jenis aspal antara 1,00 gr/cc untuk analisa *ITS (Indirect Tensile Strength)* diambil berat jenis aspal : 1,00 berat jenis agregat campuran digunakan berat jenis efektif, digunakan berat jenis efektif karena dengan anggapan bahwa setengah bagian dari rongga didalam batuan akan terisi aspal.

3. Pembuatan benda uji.

Pembuatan benda uji dapat dilakukan sebagai berikut:

- a. Memanaskan agregat seberat ± 1200 gram diatas kompor pemanas atau *oven* hingga mencapai suhu $\pm 155^{\circ}\text{C}$, demikian pula aspalnya dipanasi hingga mencapai suhu $\pm 155^{\circ}\text{C}$.



(a).



(b)

Gambar IV.24. (a) Proses pemanasan agregat.

(b) Proses pemanasan aspal.

- b. Kemudian mencampur agregat panas dengan aspal panas dengan cara agregat panas ditimbang beratnya kemudian ditambah aspal seberat sesuai kadar aspalnya. Dapat dilihat pada Gambar IV.25.



Gambar IV.25. Proses penuangan aspal

- c. Memeriksa temperatur material yang baru dicampur, jika campuran berada di atas temperatur pemadatan biarkan dingin pada temperatur pemadatan, jika berada di bawah temperatur pemadatan maka buang campuran tersebut dan buat campuran material yang baru.



(a)



(b)

Gambar IV.26. (a) Proses pencampuran agregat dan aspal

(b) Pemeriksaan temperatur

- d. Kemudian campuran dimasukkan dalam cetakan yang telah dipanasi terlebih dahulu dan diolesi dengan vaselin, campuran dimasukan dalam 3 lapis, masing-masing ditusuk dengan spatula sebanyak 15 kali di bagian tepi secara berkeliling dan 10 kali di bagian tengah. Dapat dilihat pada Gambar IV.27.



Gambar IV.27. Proses dimasukkan dalam cetakan dan ditusuk 15 kali

- e. Melakukan pemadatan campuran pada suhu $\pm 140^{\circ}\text{C}$ sebanyak 50 kali dan 75 kali dari sisi atas, kemudian cetakan dibalik untuk ditumbuk sebanyak 50 kali 75 kali.
- f. Mendinginkan benda uji dan mengeluarkan dari cetakan dengan menggunakan alat *hydraulic jack*. Tempatkan tanda-tanda identifikasi pada tiap benda uji dengan kode. Selanjutnya membiarkan benda uji pada suhu kamar selama semalam sebelum *testing* lebih lanjut.

Untuk lebih jelasnya proses pembuatan benda uji ini dapat dilihat pada Gambar IV. 28.



Gambar IV.28. Pemadatan benda uji.

Tahap III : Pengujian benda uji dengan ITS (*Indirect Tensile Strength*)

Maksud dari pengujian *ITS* (*Indirect Tensile Strength*) ini untuk mengetahui nilai kekuatan tarik campuran berbagai variasi kadar aspal.

Sebelum dilakukan pengujian dengan alat tarik *ITS* (*Indirect Tensile Strength*), perlu dilakukan pemeriksaan sebagai berikut :

- Benda uji diukur tebalnya, setelah dibersihkan dari kotoran
- Melakukan penimbangan benda uji sebelum direndam dalam bak air selama 30 menit agar terjadi benda uji dalam keadaan jenuh air.
- Melakukan penimbangan benda uji dalam air, kemudian benda uji dikeluarkan dari bak air untuk dikeringkan dengan kain permukaannya, agar benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh (*SSD = Saturated Surface Dry*). Dapat dilihat pada Gambar IV.30 di bawah ini.



Gambar IV.29 Proses penimbangan sampel dalam air.

- Melakukan penimbangan benda uji dalam keadaan *SSD* tersebut. Dapat dilihat pada Gambar IV.30.



Gambar IV.30 Proses penimbangan sampel *SSD*

- e. Setelah selesai melakukan pemeriksaan semua benda uji tersebut diatas, maka benda uji direndam dalam bak air (*water bath*) pada suhu $\pm 60^{\circ}\text{C}$ selama sekurang-kurangnya 30 menit namun tak melebihi 40 menit. Penempatan benda uji dalam *Water bath* dilakukan secara bergiliran untuk memastikan bahwa semua benda uji telah dipanaskan selama rentang waktu yang sama sebelum *testing*.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar IV.31.



Gambar IV.31 Proses perendaman sampel dalam *water bath*

- f. Benda uji dikeluarkan dari *water bath* dan siap dilakukan pengujian dengan alat *ITS* (*Indirect Tensile Strength*).
- g. Benda uji kemudian diletakkan diantara beban-beban strip. Setelah itu benda uji dan beban-beban strip diletakkan diantara plat pengujian. Kemudian diberikan beban dengan kecepatan diambil konstan yaitu sebesar 50 mm per menit. Beban diberikan sepanjang diameter dari benda uji.
- h. Catat kuat tekan maksimum yang terjadi, kemudian pembebanan dilanjutkan sampai terjadinya retak vertikal.
- i. Keluarkan benda uji dan kemudian dicoba untuk ditekan dengan tangan pada daerah retak sampai terbelah.
- j. Setelah itu lihat permukaan dalam yang terbelah dari benda uji dan lihat kondisi kemungkinan adanya keretakan atau pecahnya agregat. Secara visual estimasi tingkat kerusakan akibat perendaman dalam skala 0 sampai dengan 5 (angka 5 menunjukkan kerusakan *stripping* paling parah).

Perhitungan kekuatan tarik adalah sebagai berikut:

$$St = \frac{2 \times P}{\pi \cdot t \cdot D}$$

Dengan pengertian:

St : adalah kekuatan tarik, kPa

P : adalah beban maksimum, N

t : adalah tebal benda uji, mm

D : adalah diameter benda uji, mm

Setelah pengujian *ITS (Indirect Tensile Strength)* di atas maka dicari kadar aspal optimum

a. VFWA (*Void Filled With Asphalt*)

Langkah-langkah untuk menentukan VFWA sebagai berikut :

1. Menimbang sampel setelah dipadatkan dengan *Marshall Hammer*.
2. Menimbang sampel dalam air untuk mendapatkan isi.
3. Menimbang benda uji dalam kering permukaan jenuh (SSD).
4. Menentukan nilai *density*.
5. Menentukan besarnya nilai berat jenis aspal.
6. Menentukan besarnya nilai berat jenis agregat.
7. Menghitung nilai VFWA dengan rumus yaitu :

$$(i) \text{ Volume \%total binder} = \frac{bxg}{gs.binder}$$

$$(j) \text{ Volume total agregat} = \frac{(100-b) \cdot xg}{gs.agg}$$

$$(k) \text{ Volume \%total voids} = 100-i-j$$

$$(l) \text{ Voids \% agregat} = 100-j$$

$$(m) \text{ Voids \%field with binder} = (i/l) \times 100$$

Dengan :

b) : % binder by weight of mix

c) : Density bulk c/f (gr/cc)

8. Didapatkan nilai VFWA.

b. VITM (*Void In The Mix*).

Langkah-langkah menentukan VITM sebagai berikut :

1. Menimbang sampel setelah dipadatkan dengan *Marshall Hammer*.
2. Menimbang sampel dalam air untuk mendapatkan isi.
3. Menimbang benda uji dalam kering permukaan jenuh (SSD).
4. Menentukan nilai *density*.
5. Menentukan besarnya nilai berat jenis aspal.
6. Menentukan besarnya nilai berat jenis agregat.
7. Menghitung nilai VITM dengan rumus (3.9) yaitu :

$$h) = \frac{100}{\frac{\%agg}{gs.agg} + \frac{\%binder}{gs.binder}}$$

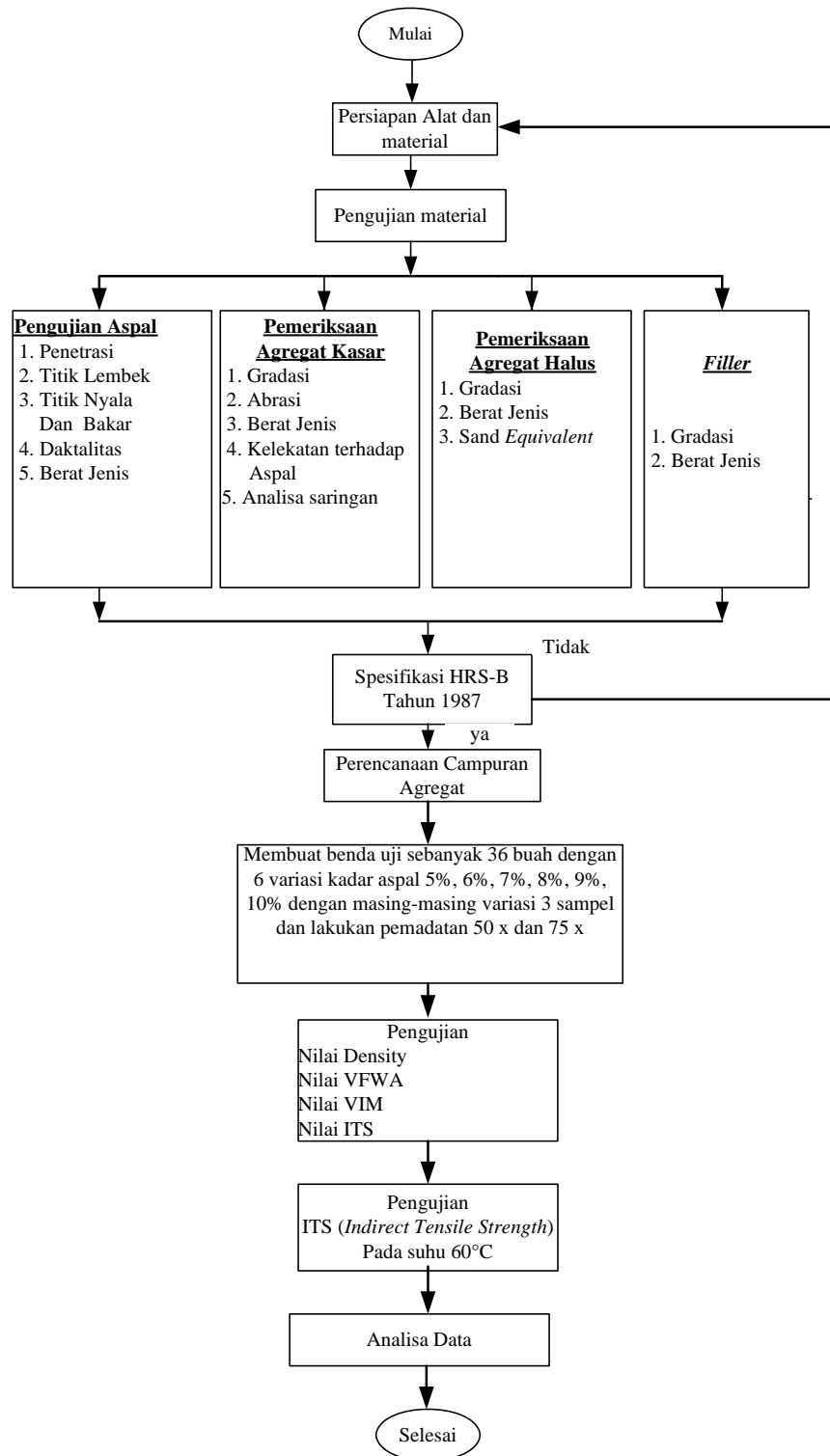
$$Voids\ in\ total\ mix = (100 - 100x(g/h))$$

Dengan :

b) : Density bulk c/f (gr/cc)

h) : Density max teoritis

- c. Didapatkan nilai VITM.



Gambar IV.32. Bagan alir tahap IV penelitian dilaboratorium

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pemeriksaan Bahan

Hasil pemeriksaan bahan diketahui sifat masing-masing bahan penyusun campuran *Hot Roller Sheet* (HRS-B) terhadap karakteristik pengujian *ITS* (*Indirect Tensile Strength*). Hasil selengkapnya pada Tabel V.1 sebagai berikut :

Tabel V.1 Hasil Pemeriksaan Agregat HRS-B

No	Jenis Pemeriksaan	Spesifikasi	Hasil	Keterangan
1	Abrasi	Max 40	36 %	Memenuhi
2	Kelekatan Terhadap Aspal	Min 95	100 %	Memenuhi
3	BJ Agregat Kasar Semu	> 2,50	2,78 gr/cc	Memenuhi
	BJ Agregat Halus Semu	> 2,50	3,42 gr/cc	Memenuhi
4	Absorpsi Agregat Kasar	< 3	1,13 %	Memenuhi
	Absorpsi Agregat Halus	< 3	2,88 %	Memenuhi
5	<i>Sand Equivalent</i>	> 50	68 %	Memenuhi

(Sumber : Hasil Penelitian dapat dilihat di lampiran)

Berdasarkan hasil percobaan abrasi, diperoleh nilai abrasi sebesar 36 %, dan agregat tersebut dapat digunakan karena spesifikasinya ≤ 40 %. Berdasarkan percobaan kelekatan terhadap aspal, diperoleh nilai kelekatan terhadap aspal 100 %, dan agregat tersebut dapat digunakan karena spesifikasi minimumnya adalah 95 %. Untuk berat jenis semu agregat kasar dan berat jenis semu agregat halus diperoleh nilai 2,78 % dan 3,42 % juga dapat digunakan karena spesifikasinya adalah $> 2,50$ %. Dari hasil percobaan absorpsi/penyerapan agregat kasar dan agregat halus diperoleh nilai 1,13 % dan 2,88 %, maka agregat tersebut dapat digunakan karena memenuhi spesifikasi < 3 %. Untuk percobaan pengujian *sand equivalent* diperoleh nilai 68 % sedangkan spesifikasinya adalah > 50 %. Jadi, pengujian *sand equivalent* memenuhi spesifikasi. Sehingga hasil pengujian terhadap sifat-sifat fisik agregat seperti yang ditunjukkan pada Tabel V.1, material

tersebut dapat digunakan sebagai bahan pembuatan lapisan perkerasan, karena memenuhi semua spesifikasi yang terdapat pada Tabel V.1.

Filler yang digunakan dalam penelitian ini adalah abu batu yang lolos saringan No.200, seperti pada Tabel V.2 berikut ini:

Tabel V.2 Hasil Pemeriksaan *Filler*

No.	Jenis Pemeriksaan	Spesifikasi	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis Semu	> 2,5	2,530 gram/cc	Memenuhi
2	Lolos Saringan No.200	65%-100%	100%	Memenuhi

(Sumber : Hasil Penelitian dapat dilihat di lampiran)

Untuk percobaan pengujian berat jenis semu *filler* diperoleh nilai 2,530 % sedangkan spesifikasinya adalah > 2,5 %. Jadi, pengujian berat jenis semu *filler* memenuhi spesifikasi. Dan untuk hasil pemeriksaan analisa saringan yang lolos saringan No.200 diperoleh nilai 100 %, sedangkan spesifikasinya adalah 65 % - 100 %. Maka *filler* dapat digunakan dalam pembuatan campuran LATASTON.

Pada hasil pemeriksaan agregat dan aspal AC 60/70 menunjukkan bahwa bahan yang digunakan dalam penelitian ini memenuhi spesifikasi yang di syaratkan.

Tabel V.3 Hasil Pemeriksaan Aspal

No.	Jenis Pemeriksaan	Spesifikasi	Hasil	Satuan	Ket
1	Penetrasi (25 ⁰ C)	60 - 79	76,4	0,1 mm	Memenuhi
2	Titik Lembek	48 - 58	54	⁰ C	Memenuhi
3	Titik Nyala	>200	347	⁰ C	Memenuhi
4	Titik Bakar	>200	350	⁰ C	Memenuhi
5	Daktilitas(25 ⁰ C, 5 cm/menit)	>100	>100	cm	Memenuhi
6	Kehilangan Berat (163 ⁰ C, 5 jam)	< 0,4	-	%	Memenuhi
7	Kelarutan Dalam CCL ₄	> 99	-	%	Memenuhi
8	Penetrasi Setelah Kehilangan Berat	> 75	-	% of original	Memenuhi
9	Berat Jenis Aspal	1	1	gr / cc	Memenuhi

(Sumber : Hasil Penelitian dapat dilihat di lampiran)

Berdasarkan hasil percobaan menunjukkan nilai penetrasi total rata-rata 76,4 (0,1 mm) sehingga termasuk pada AC pen 60/70, jadi benda uji ini memenuhi syarat (spesifikasi). Spesifikasi titik lembek aspal adalah 48-58° C. Hasil penelitian titik lembek adalah 54° C, jadi benda uji memenuhi spesifikasi. Berdasarkan pengujian titik nyala dan titik bakar diperoleh nilai 347 ° C dan 350 ° C, sedangkan spesifikasinya adalah > 200 ° C. Maka aspal tersebut sudah memenuhi spesifikasi. Untuk pengujian daktilitas diperoleh nilai > 100 cm, sedangkan spesifikasinya adalah > 100 cm. Maka pengujian daktilitas sudah memenuhi spesifikasi. Dan untuk pengujian berat jenis aspal diperoleh nilai 1 gr/cc, sedangkan spesifikasinya adalah 1 gr/cc. Maka pengujian berat jenis aspal sudah memenuhi spesifikasi.

B. Hasil Pemeriksaan Campuran HRS-B (*Hot Roller Sheet*)

1. Pemeriksaan *Density*, *VMA*, *VFWA*, *VITM* .

Dilakukan untuk memeriksa karakteristik campuran HRS-B (*Hot Roller Sheet*) yaitu nilai kepadatan *Density*, *VMA*, *VFWA*, dan *VITM*. Kemudian dilakukan penentuan kadar aspal optimum. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Tabel V.4 berikut ini:

Tabel V.4 Hasil Pemeriksaan *Density*, *VMA*, *VFWA*, *VITM* Pada Benda Uji Campuran HRS-B Dengan Penumbukan 50 Kali.

No.	Karakteristik	Kadar aspal (%)					
		5	6	7	8	9	10
1	<i>Density</i> (gr / cc)	2,17	2,25	2,26	2,22	2,29	2,26
2	<i>VMA</i> (%)	21,82	19,06	16,62	21,58	19,88	21,79
3	<i>VFWA</i> (%)	48,50	66,27	74,27	76,88	93,93	93,00
4	<i>VITM</i> (%)	10,56	6,02	4,42	4,53	0,17	0,28

(Sumber : Hasil Penelitian dapat dilihat di lampiran)

Tabel V.5 Hasil Pemeriksaan *Density*, *VMA*, *VFWA*, *VITM* Pada Benda Uji Campuran HRS-B Dengan Penumbukan 75 Kali.

No.	Karakteristik	Kadar aspal (%)					
		5	6	7	8	9	10
1	<i>Density</i> (gr / cc)	2,14	2,22	2,26	2,30	2,29	2,26
2	<i>VMA</i> (%)	22,45	20,07	19,53	18,74	20,07	21,63
3	<i>VFWA</i> (%)	45,63	62,32	74,77	89,88	92,86	93,87
4	<i>VITM</i> (%)	12,10	7,19	4,31	1,07	0,41	0,08

(Sumber : Hasil Penelitian dapat dilihat di lampiran)

2. Pengujian ITS (*Indirect Tensile Strength*)

Hasil pemeriksaan terhadap benda uji dengan alat uji ITS (*Indirect Tensile Strength*) dilaboratorium diperoleh nilai kekuatan tarik pada campuran HRS-B (*Hot Rolled Sheet*) sebagai berikut :

Tabel V.6 Pengujian ITS (*Indirect Tensile Strength*) Dengan Penumbukan 50 Kali Dan Suhu Pengujian 60 ° C.

No	Karakteristik	Kadar Aspal					
		5	6	7	8	9	10
1	Indirect Tensil Strength (Kpa) 60°C	49,86	78,82	99,71	118,89	118,89	105,09
		74,79	74,79	78,58	105,09	77,20	74,82
		78,79	84,04	80,54	89,17	74,79	78,82
	rata-rata	67,74	79,21	86,28	104,38	90,29	86,29

(Sumber : Hasil Penelitian dapat dilihat di lampiran)

Tabel V.7 Pengujian ITS (*Indirect Tensile Strength*) Dengan Penumbukan 75 Kali Dan Suhu Pengujian 60 ° C.

No	Karakteristik	Kadar Aspal					
		5	6	7	8	9	10
1	Indirect Tensil Strength (Kpa) 60°C	74,79	78,54	105,09	98,05	104,03	79,73
		74,79	74,79	105,09	104,77	104,03	79,77
		80,82	91,95	74,79	102,65	124,64	124,64
	rata-rata	76,80	81,76	94,99	101,82	110,90	94,72

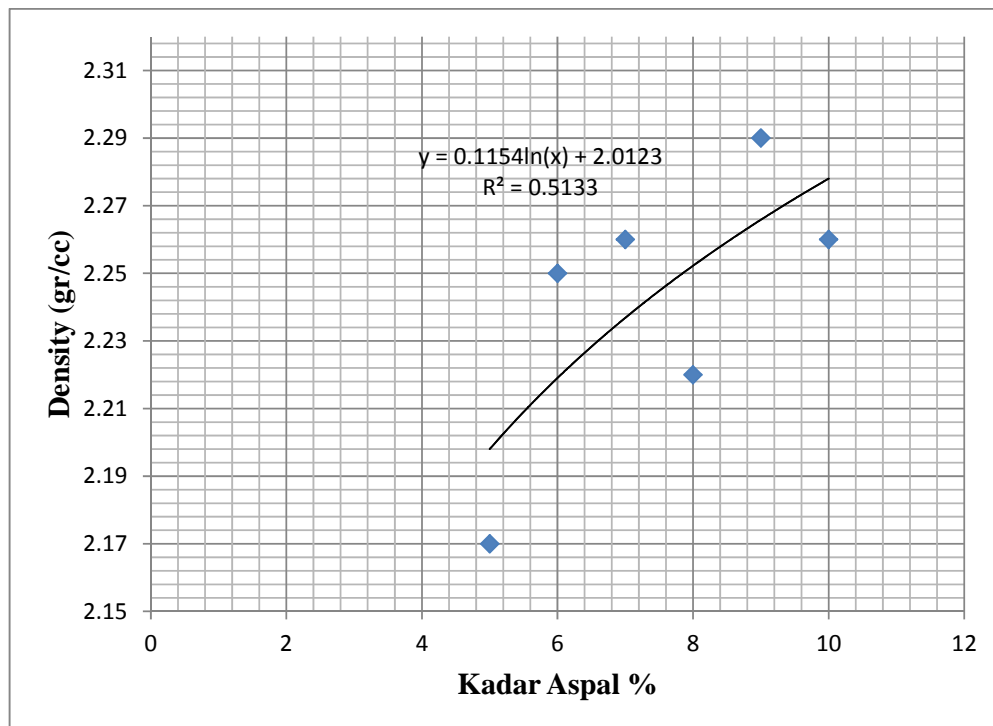
(Sumber : Hasil Penelitian dapat dilihat di lampiran)

C. Pembahasan Hasil Pemeriksaan Sampel

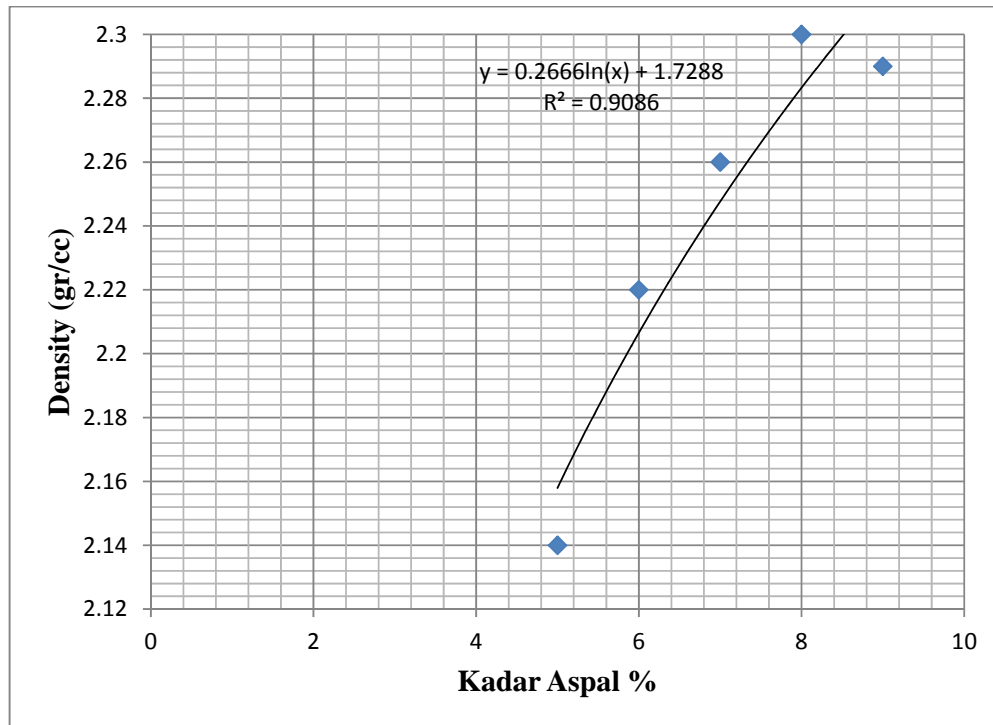
1. Karakteristik *Density*, VMA (*Void In Mineral Agregate*), VFWA (*Void Filled With Asphalt*), VITM (*Void In The Mix*) Pada Benda Uji Campuran HRS-B (*Hot Rolled Sheet*).

- a. Pengaruh kadar aspal terhadap nilai *density*

Nilai *density* yaitu nilai yang menunjukkan besaran dari kepadatan campuran HRS-B (*Hot Rolled Sheet*). Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai *density* adalah temperatur pemadatan, komposisi bahan penyusun campuran HRS-B (*Hot Rolled Sheet*), kadar aspal, kekentalan aspal, suhu dan jumlah tumbukan dalam pemadatan 50 kali.



Gambar V.1. Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal Dan Nilai *Density* Dengan Jumlah Tumbukan Dalam Pemadatan 50 Kali

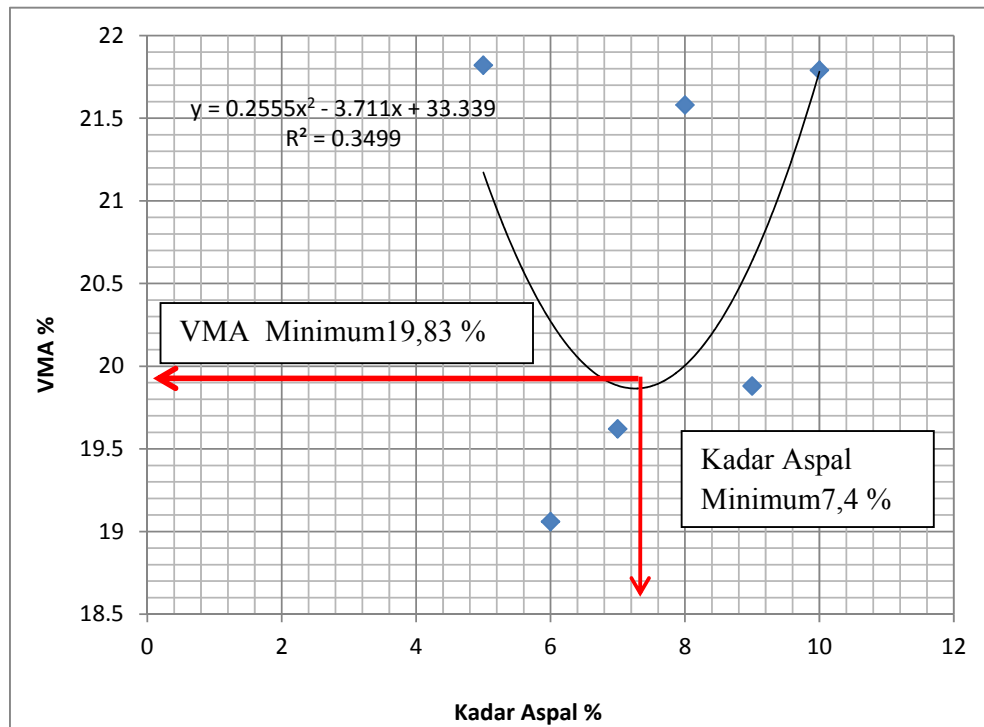


Gambar V.2. Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal Dan Nilai *Density* Dengan Jumlah Tumbukan Dalam Pemadatan 75 Kali

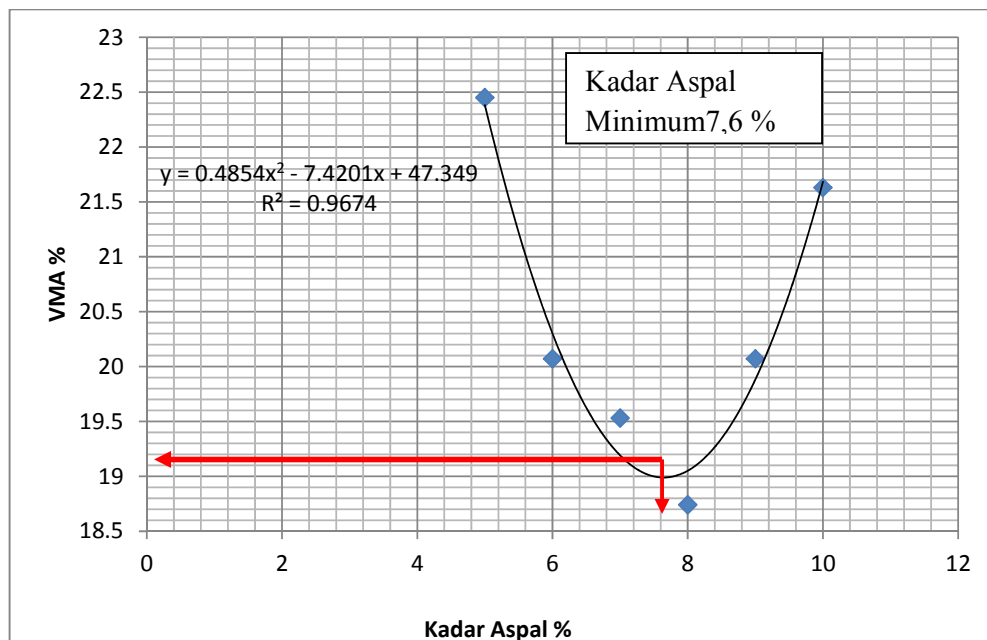
Gambar V.1. dan Gambar V.2. menunjukkan bahwa makin besar kadar aspal AC 60-70, ternyata nilai *density* campuran HRS-B (*Hot Rolled Sheet*) cenderung makin besar. Hal ini disebabkan setiap penambahan kadar aspal maka rongga antar butiran agregat masih bisa terisi aspal, sehingga campuran menjadi semakin rapat.

b. Pengaruh kadar aspal terhadap nilai VMA

VMA (*Void in Mineral Agreggate*) adalah rongga udara yang ada diantara mineral agregat didalam campuran beraspal panas yang sudah dipadatkan termasuk ruang yang terisi aspal. VMA dinyatakan dalam persentase dari campuran beraspal panas. VMA digunakan sebagai ruang untuk menampung aspal dan volume rongga udara yang diperlukan dalam campuran beraspal panas. Besarnya nilai VMA dipengaruhi oleh kadar aspal, gradasi bahan yang digunakan, jumlah tumbukan dalam pemadatan 50 kali dan 75 kali.



Gambar V.3. Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal Dan Nilai VMA Dengan Jumlah Tumbukan Dalam Pemadatan 50 Kali

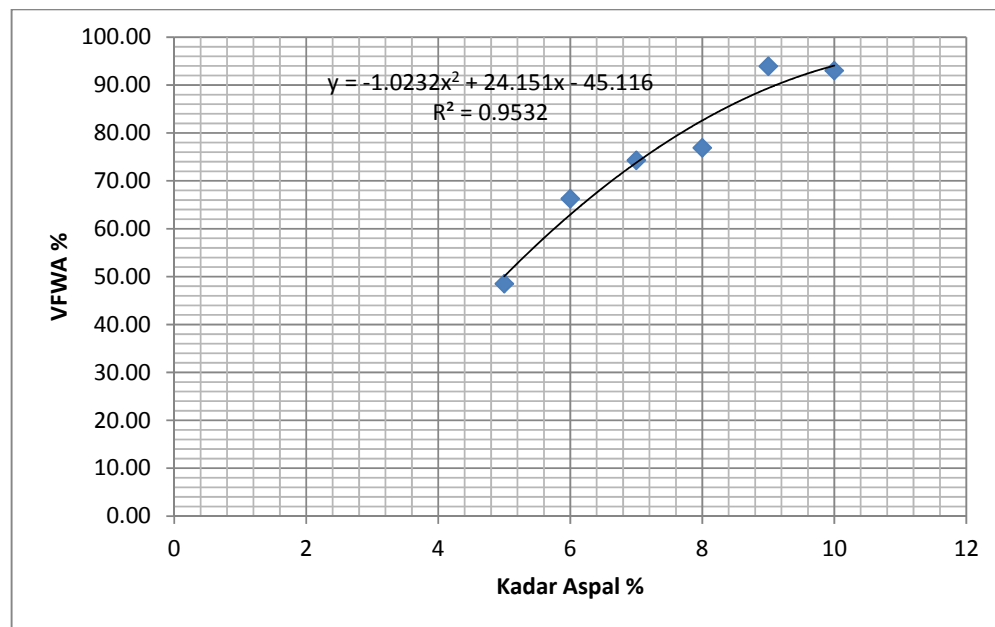


Gambar V.4. Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal Dan Nilai VMA Dengan Jumlah Tumbukan Dalam Pemadatan 75 Kali

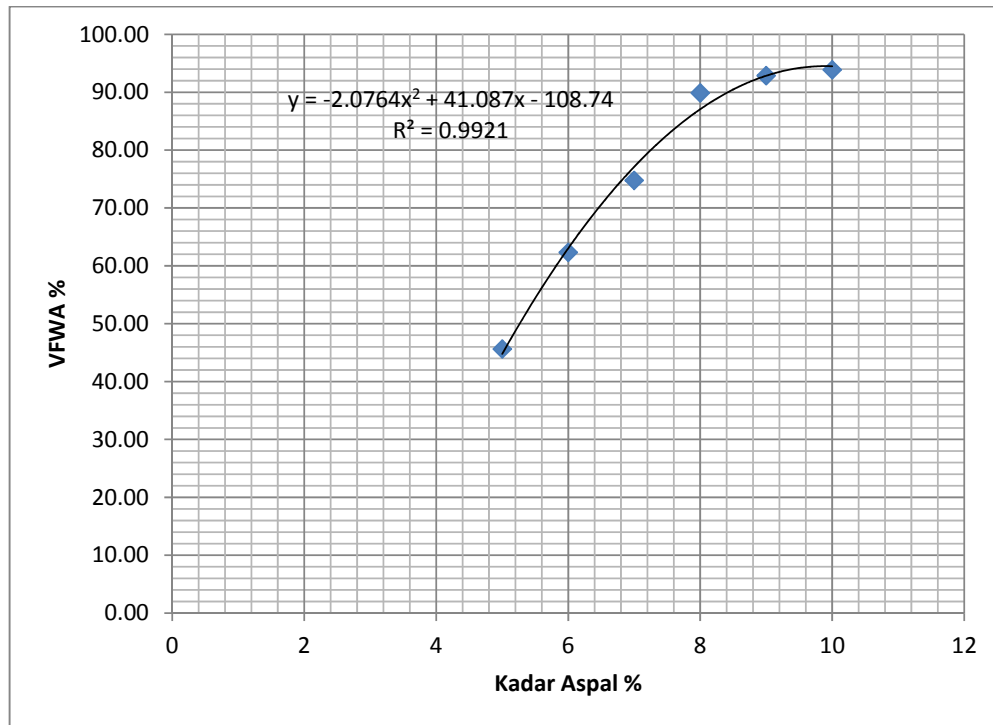
Gambar V.3. dan Gambar V.4. diatas dapat dilihat bahwa semakin bertambahnya kadar aspal, nilai VMA campuran semakin tinggi, karena rongga-rongga yang terisi oleh aspal semakin banyak. Ketika dilakukan pemadatan sebanyak 50 kali didapatkan kadar aspal minimum sebesar 7,4 % serta nilai *void in mineral aggregate* sebesar 19,83 % setelah dilakukan pemadatan sebanyak 75 kali didapat kadar aspal minimum sebesar 7,6 % dan nilai *void in mineral aggregate* sebesar 19 %. Maka dalam pemadatan sebanyak 50 kali dan 75 kali pengaruh nilai kadar aspal terhadap nilai *void in mineral aggregate* sangat kecil.

c. Pengaruh kadar aspal terhadap nilai VFWA

Void Filled With Asphalt (VFWA) menyatakan persentase rongga terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan. Faktor-faktor yang mempengaruhi VFWA antara lain faktor pemadatan yaitu jumlah dan temperatur pemadatan gradasi agregat serta kadar aspal. VFWA adalah bagian dari VMA yang terisi oleh aspal, jumlah tumbukan dalam pemadatan 50 kali dan 75 kali. Hubungan kadar aspal terhadap VFWA dapat dilihat pada Gambar V.5. dan Gambar V.6. berikut:



Gambar V.5. Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal Dan VFWA Dengan Jumlah Tumbukan Dalam Pemadatan 50 Kali

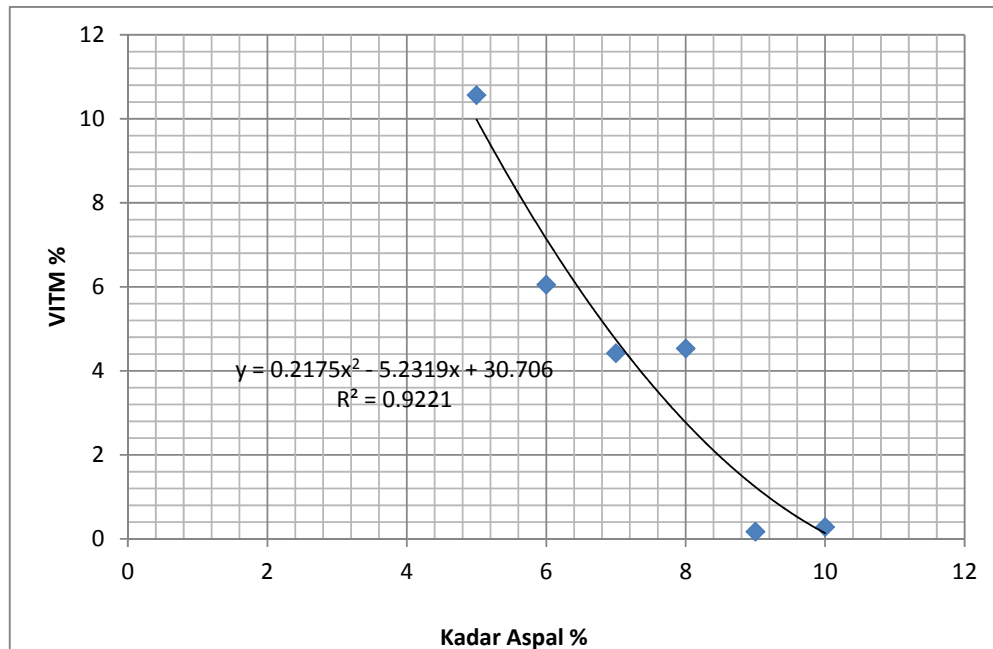


Gambar V.6. Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal Dan VFWA Dengan Jumlah Tumbukan Dalam Pemadatan 75 Kali

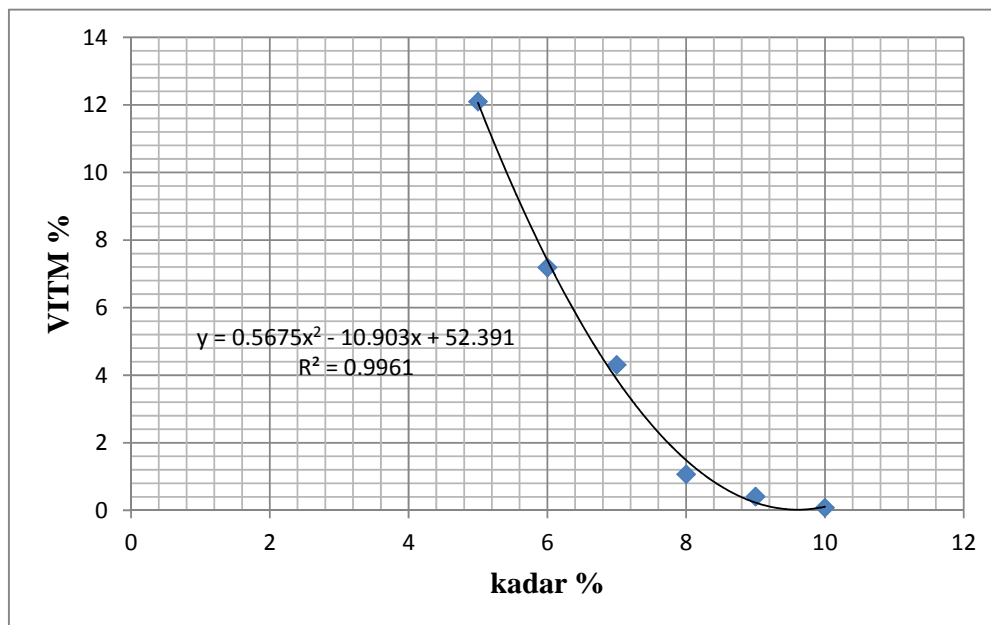
Gambar V.5. dan Gambar V.6. menunjukkan bahwa makin besar kadar aspal, maka nilai VFWA campuran HRS-B (*Hot Rolled Sheet*) makin besar. Hal ini disebabkan setiap penambahan kadar aspal rongga butiran agregat masih cukup besar sehingga aspal dapat masuk ke dalam rongga-rongga dan mengakibatkan campuran makin rapat.

d. Pengaruh kadar aspal terhadap nilai VITM.

VITM adalah persentase rongga udara yang ada terhadap volume campuran beton aspal. VITM sama artinya dengan porositas dan nilainya akan berkurang bila kadar aspal campuran bertambah, karena rongga agregat akan semakin terisi oleh aspal. Porositas dipengaruhi oleh suhu pemadatan, gradasi agregat, energi pemadatan dan kadar aspal, jumlah tumbukan dalam pemadatan 50 kali dan 75 kali.



Gambar V.7. Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal Dan VITM Dengan Jumlah Tumbukan Dalam Pemadatan 50 Kali



Gambar V.8. Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal Dan VITM Dengan Jumlah Tumbukan Dalam Pemadatan 75 Kali

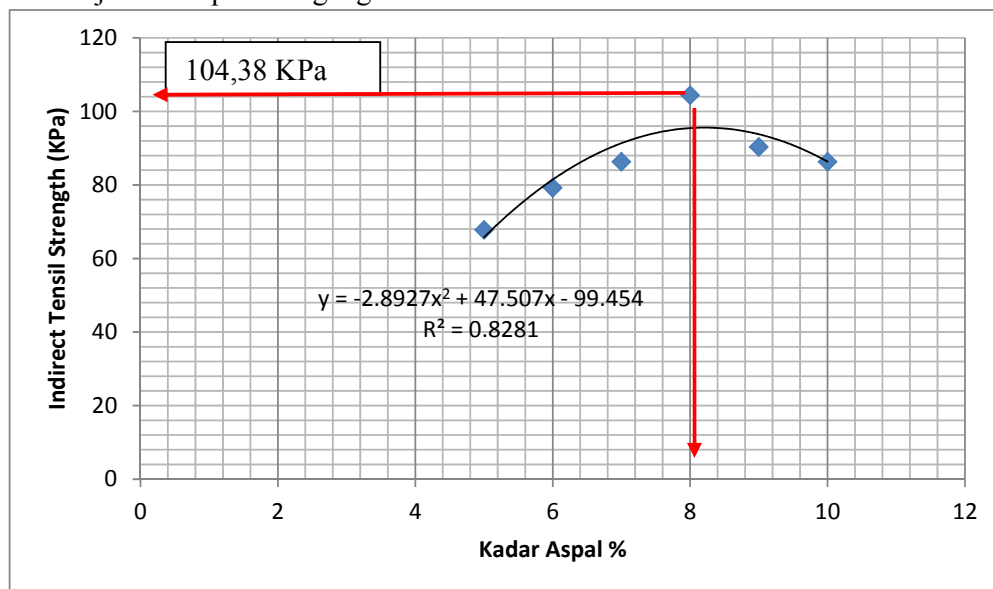
Gambar V.7. dan Gambar V.8. menunjukkan bahwa semakin besar kadar aspal pada campuran HRS-B (*Hot Rolled Sheet*) ternyata nilai VITM

makin kecil. Hal ini disebabkan seiring penambahan kadar aspal, maka rongga-rongga dalam campuran tertutup oleh aspal, sehingga campuran menjadi rapat.

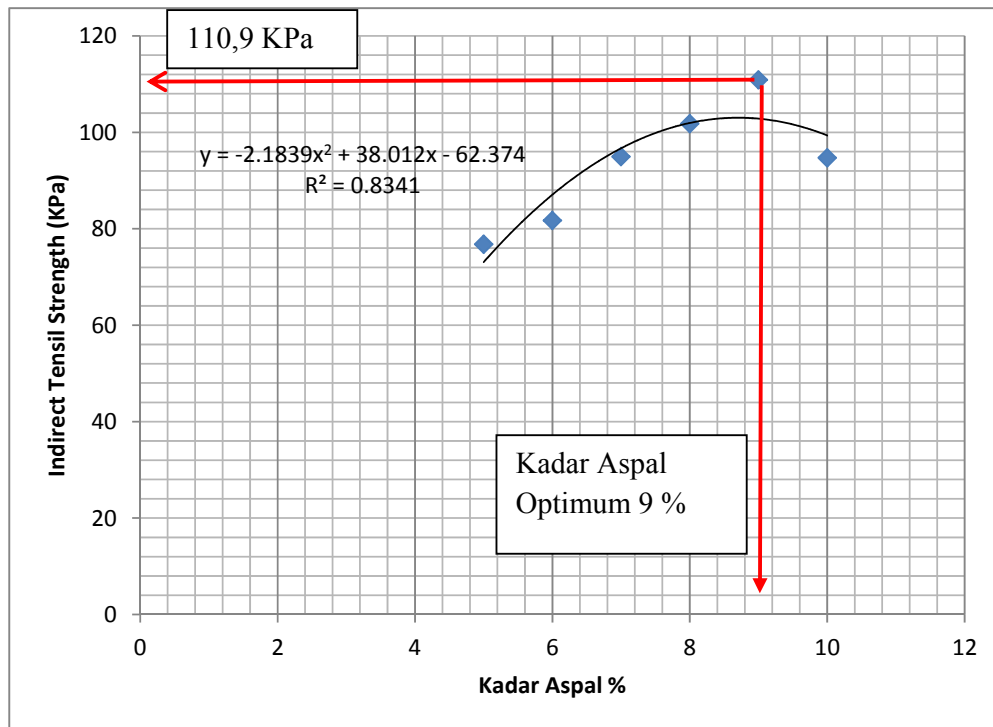
Nilai VITM yang terlalu rendah akan mengakibatkan *bleeding*. *Bleeding* terjadi karena pada suhu yang tinggi viskositas aspal akan menurun sesuai dengan sifat termoplastisnya, pada saat itu apabila lapis perkerasan menerima beban lalu-lintas maka aspal akan terdesak keluar permukaan karena tidak cukup rongga bagi aspal untuk melakukan penetrasi. Apabila nilai VITM terlalu besar akan mengakibatkan berkurangnya keawetan dari lapis perkerasan karena rongga yang terlalu besar akan memudahkan terjadi oksidasi.

2. Prediksi kadar aspal optimum berdasarkan nilai ITS (*Indirect Tensile Strength*).

Pemberian beban yang berkelanjutan akan mengakibatkan kenaikan tegangan (*stressing*) yang akan diikuti pula dengan kenaikan regangan (*strain*), sampai pada kondisi regangan maksimum yaitu keadaan dimana benda uji mulai runtuh (mengalami keretakan) ini juga berarti tegangan yang terjadi merupakan tegangan maksimum.



Gambar V.9. Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan ITS (*Indirect Tensile Strength*) Dengan Jumlah Tumbukan Dalam Pemadatan 50 Kali.



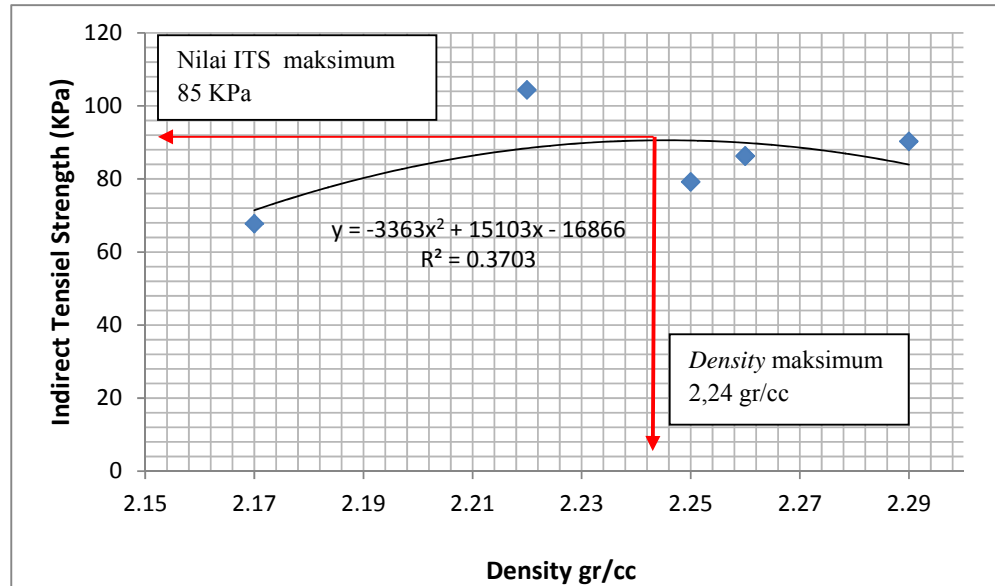
Gambar V.10. Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan ITS (*Indirect Tensile Strength*) Dengan Jumlah Tumbukan Dalam Pemadatan 75 Kali.

Gambar V.9. dan Gambar V.10. memperlihatkan semakin tinggi kadar aspal yang diberikan, maka nilai *Indirect Tensile Strength* semakin naik, setelah mencapai nilai *Indirect Tensile Strength* maksimum, maka terjadi penurunan. Hal ini disebabkan oleh pembebanan tarik tidak langsung pada campuran HRS-B (*Hot Rolled Sheet*) dengan penambahan kadar aspal sehingga pembebanan tarik tidak langsung akan turun.

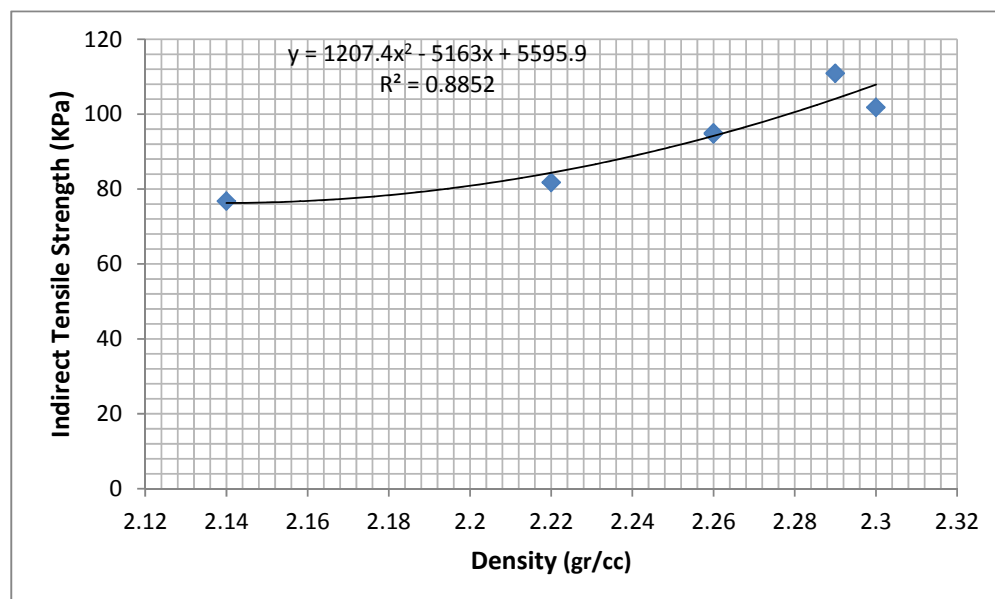
Pada Gambar V.9. dan Gambar V.10. juga menunjukkan bahwa dengan penumbukan dalam pemadatan 50 kali diperoleh kadar aspal optimum sebesar 8 % dengan nilai *Indirect Tensile Strength* sebesar 104,38 Kpa sedangkan dilakukan penumbukan dalam pemadatan 75 kali diperoleh kadar aspal optimum sebesar 9 % dengan nilai *Indirect Tensile Strength* sebesar 110,9 KPa.

3. Karakteristik ITS (*Indirect Tensile Strength*).

a. Pengaruh *Indirect Tensile Strength* terhadap nilai *density*



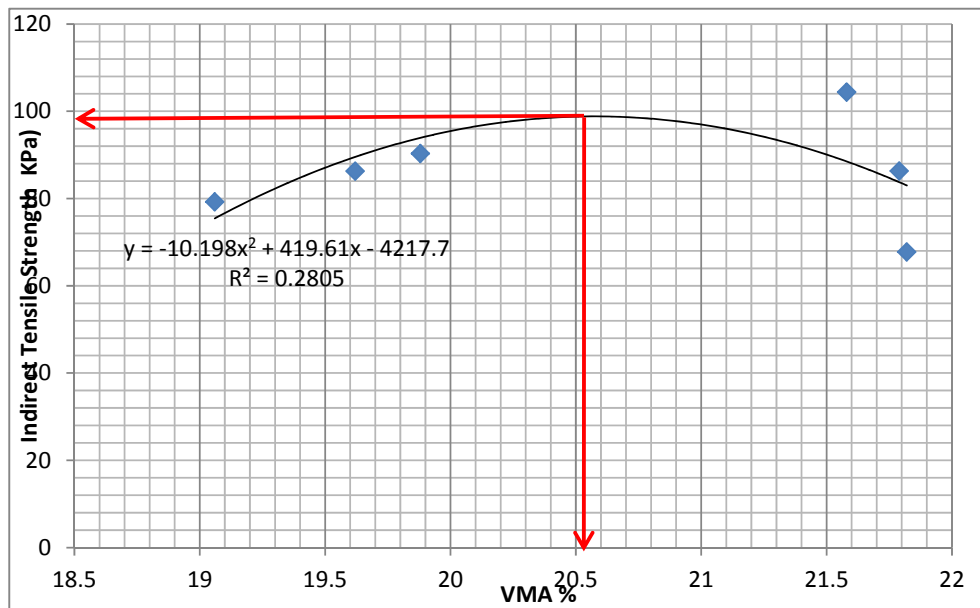
Gambar V.11. Grafik Hubungan *Indirect Tensile Strength* dan *Density* dengan jumlah tumbukan dalam pemadatan 50 kali



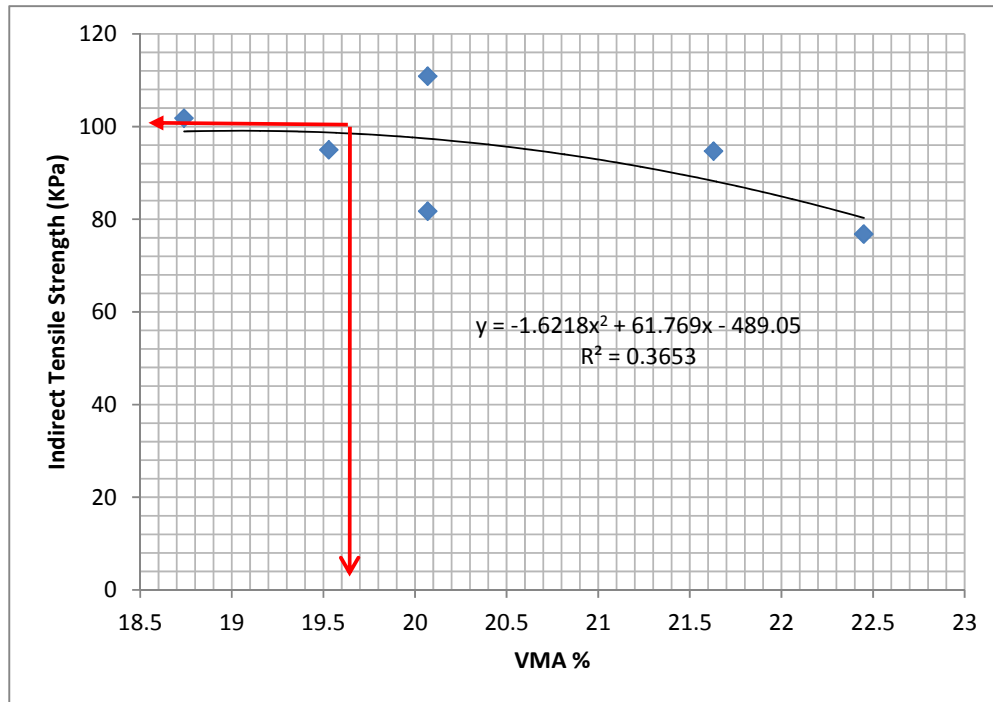
Gambar V.12. Grafik Hubungan *Indirect Tensile Strength* dan *Density* dengan jumlah tumbukan dalam pemadatan 75 kali

Gambar V.11. menunjukkan bahwa jumlah tumbukan dalam pemadatan sebanyak 50 kali diperoleh nilai *density* maksimum sebesar 2,24 gr/cc dan nilai *Indirect Tensile Strength* sebesar 85 KPa. Gambar V.12. menunjukkan bahwa jumlah tumbukan dalam pemadatan sebanyak 75 kali nilai *density* semakin besar dan diikuti pula kenaikan nilai ITS (*Indirect Tensile Strength*) semakin besar. Besarnya nilai *density* dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain adalah gradasi campuran, jenis dan kualitas bahan yang digunakan, kadar aspal, kekentalan aspal, jumlah dan suhu pemadatan. Sedangkan nilai ITS (*Indirect Tensile Strength*) disebabkan oleh bertambahnya tekanan yang terjadi maka beban yang dipakai sampai benda uji mengalami deformasi juga semakin besar hal ini disebabkan adanya sifat fleksibilitas benda uji. Dimana kondisi benda uji tidak mampu lagi menahan beban, maka benda uji mengalami deformasi permanen, deformasi akan semakin besar dengan beban yang semakin kecil dan turunnya kemampuan benda uji menahan beban sampai kondisi sampel retak akhirnya pecah.

- b. Pengaruh *Indirect Tensile Strength* terhadap nilai VMA (*Void In Mineral Agregate*)



Gambar V.13. Grafik Hubungan *Indirect Tensile Strength* dan VMA Dengan Jumlah Tumbukan Dalam Pemadatan 50 Kali

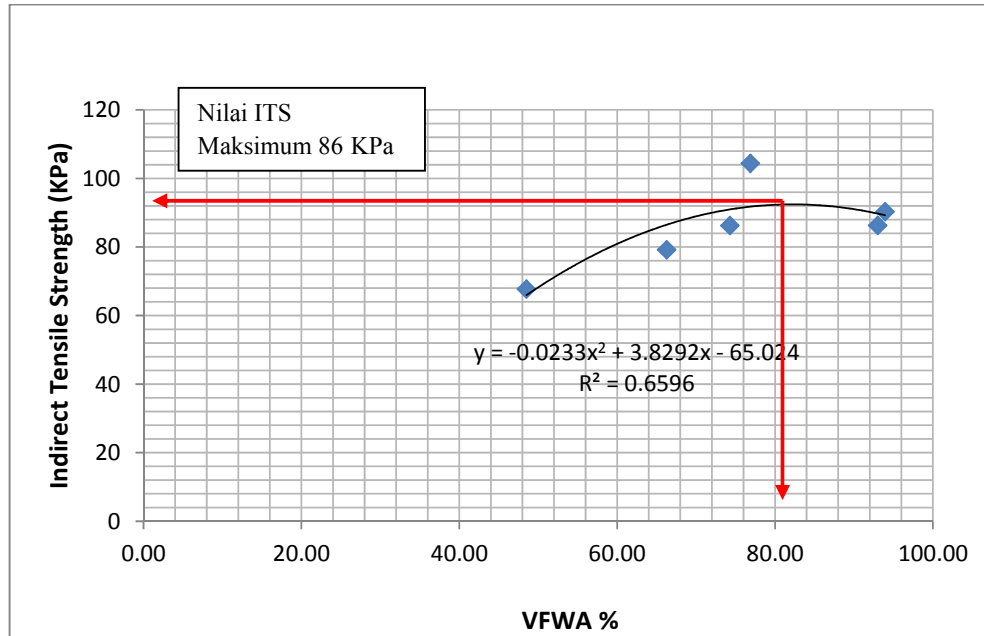


Gambar V.14. Grafik Hubungan *Indirect Tensile Strength* dan VMA Dengan Jumlah Tumbukan Dalam Pemadatan 75 Kali

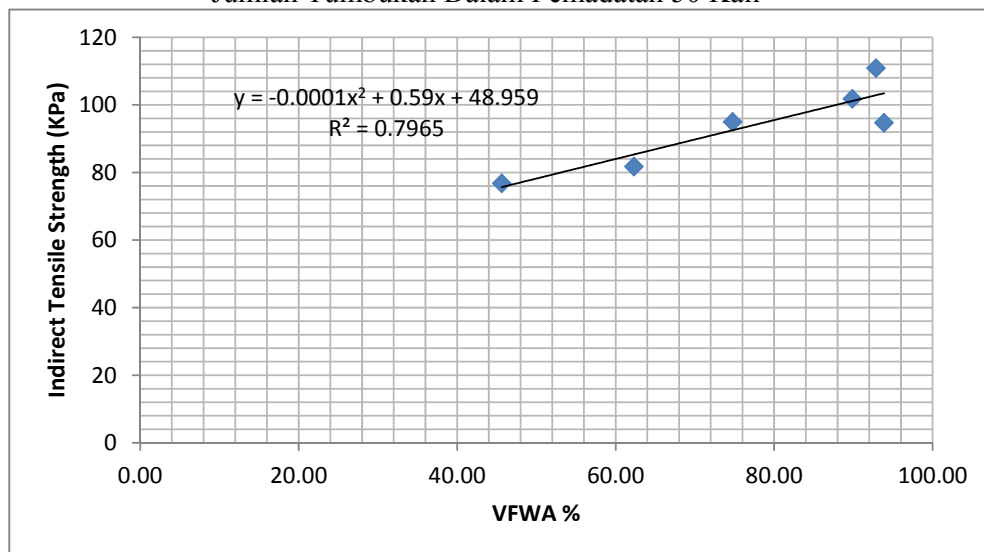
Gambar V.13. menunjukkan bahwa jumlah tumbukan dalam pemadatan sebanyak 50 kali maka nilai VMA (*Void In Mineral Agregate*) semakin naik, dan di ikuti kenaikan nilai *Indirect Tensile Strength*. Setelah nilai *Indirect Tensile Strength* mencapai nilai sebesar 99,99 KPa dan nilai VMA sebesar 20,5 % Maka nilai ITS (*Indirect Tensile Strength*) tersebut akan turun dan nilai *Void In Mineral Agregate* semakin besar. Nilai VMA semakin besar dipengaruhi oleh rongga-rongga yang terisi oleh aspal semakin banyak.

Gambar V.14. menunjukkan bahwa dengan jumlah tumbukan dalam pemadatan sebanyak 75 kali, nilai VMA yang kecil diperoleh nilai ITS (*Indirect Tensile Strength*) yang besar. Setelah mencapai nilai *Indirect Tensile Strength* 100 KPa dan nilai VMA 19,7%, maka nilai *Indirect Tensile Strength* turun. Kemudian nilai *Indirect Tensile Strength* tersebut mengalami kenaikan kembali sehingga mencapai nilai *Indirect Tensile Strength* maksimum. Kemudian nilai ITS (*Indirect Tensile Strength*) tersebut akan turun dan nilai VMA semakin besar.

c. Pengaruh *Indirect Tensile Strength* terhadap nilai VFWA (*Void Filled With Asphalt*)



Gambar V.15. Grafik Hubungan *Indirect Tensile Strength* dan VFWA Dengan Jumlah Tumbukan Dalam Pemadatan 50 Kali



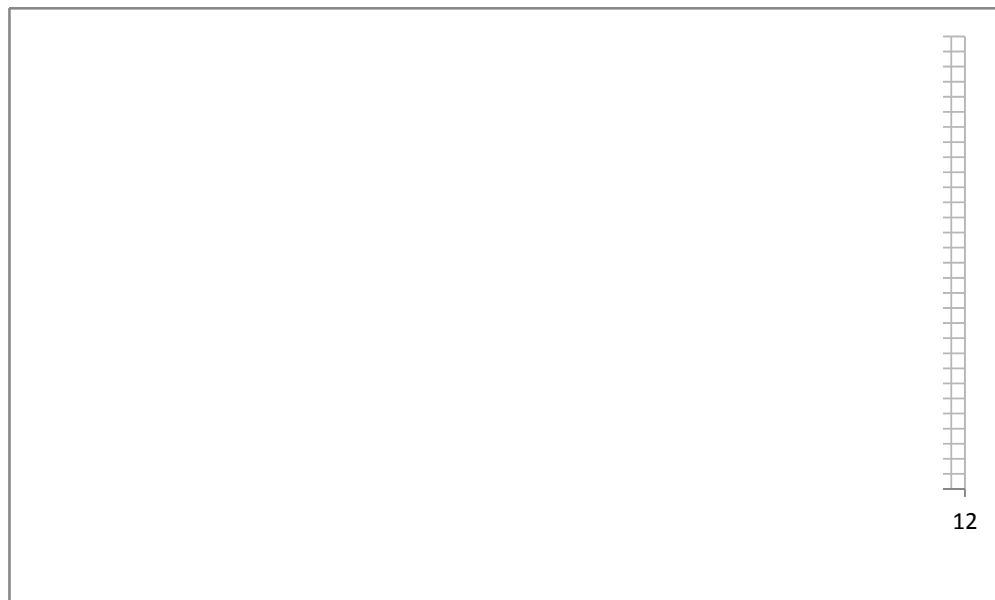
Gambar V.16. Grafik Hubungan *Indirect Tensile Strength* dan VFWA Dengan Jumlah Tumbukan Dalam Pemadatan 75 Kali

Gambar V.15. menunjukkan bahwa jumlah tumbukan dalam pemadatan sebanyak 50 kali diperoleh nilai VFWA maksimum sebesar 80% dan nilai

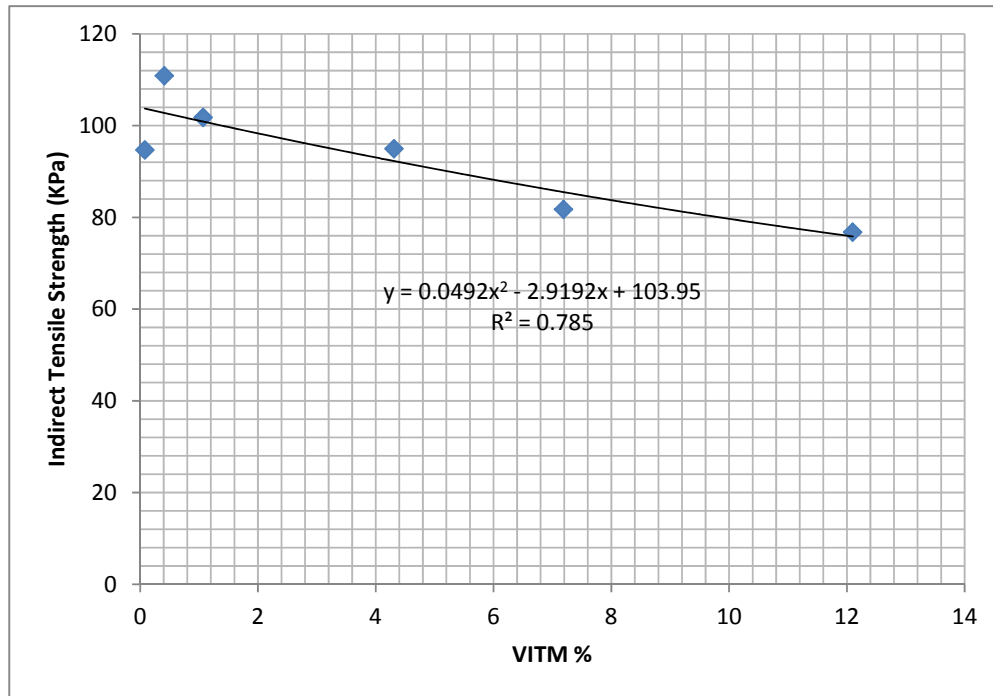
Indirect Tensile Strength sebesar 86 KPa. Gambar V.16. menunjukkan bahwa jumlah tumbukan dalam pemadatan sebanyak 75 kali, makin besar nilai *Indirect Tensile Strength*, maka nilai VFWA pada campuran HRS-B (*Hot Rolled Sheet*) juga semakin besar. Nilai VFWA menunjukkan perbandingan jumlah kandungan aspal dan jumlah kandungan rongga didalam campuran. Nilai VFWA yang rendah berarti jumlah aspal efektif yang mengisi rongga – rongga antar butir agregat sedikit, berarti rongga udaranya besar. Hal ini akan mengurangi keawetan dari campuran. Sebaliknya nilai VFWA yang terlalu tinggi akan menyebabkan *bleeding* karena rongga antar butiran terlalu kecil.

d. Pengaruh *Indirect Tensile Strength* terhadap nilai VITM (*Void In The Mix*)

VITM adalah persentase rongga udara yang ada terhadap volume campuran beton aspal. VITM sama artinya dengan porositas dan nilainya akan berkurang bila kadar aspal campuran bertambah, karena rongga agregat akan semakin terisi oleh aspal. Porositas dipengaruhi oleh suhu pemadatan, gradasi agregat, energi pemadatan dan kadar aspal



Gambar V.17. Grafik Hubungan *Indirect Tensile Strength* dan VITM Dengan Jumlah Tumbukan Dalam Pemadatan 50 Kali



Gambar V.18. Grafik Hubungan *Indirect Tensile Strength* dan VITM Dengan Jumlah Tumbukan Dalam Pemadatan 75 Kali

Gambar V.17. menunjukkan bahwa jumlah tumbukan dalam pemadatan sebanyak 50 kali diperoleh nilai *VITM* maksimum sebesar 2,25% dan nilai *Indirect Tensile Strength* sebesar 86 KPa. Dan jumlah tumbukan dalam pemadatan sebanyak 75 kali menunjukkan nilai *VITM* yang semakin besar maka nilai *Indirect Tensile Strength* makin kecil. Disebabkan benda uji sudah tidak mampu menahan beban yang menimbulkan retak yang berada di daerah pembebanan vertikal.

D. Pengaruh Jumlah Tumbukan Terhadap Nilai Prediksi Kadar Aspal Optimum

1. Prediksi kadar aspal optimum terhadap jumlah tumbukan dalam pemadatan sebanyak 50 kali dan 75 kali.
 - a. Pengaruh pemadatan terhadap kadar aspal optimum dalam campuran HRS-B (*Hot Roller Sheet*)

Bahwa untuk suatu campuran aspal, proses pemadatan sangat berpengaruh terhadap komposisi volumetrik campuran yaitu proporsi antara besaran VMA (*Void In Mineral Agregate*), VFWA (*Void Filled With Asphalt*), VITM (*Void In The Mix*) dan kadar aspal yang mana parameter-parameter ini sangat berpengaruh terhadap campuran HRS-B (*Hot Roller Sheet*).

Pemadatan adalah suatu proses dimana partikel-partikel solid dirapatkan secara mekanis sehingga volume rongga dalam campuran mengecil dan kepadatan campuran meningkat. Salah satu tujuan penting proses pemadatan adalah untuk pengaturan distribusi partikel agregat dalam campuran sehingga menghasilkan konfigurasi agregat optimum dalam mencapai kepadatan yang ditargetkan.



Gambar V.19. Hubungan Kadar Aspal Terhadap Jumlah Tumbukan Dalam Pemadatan Sebanyak 50 Kali Dan 75 Kali

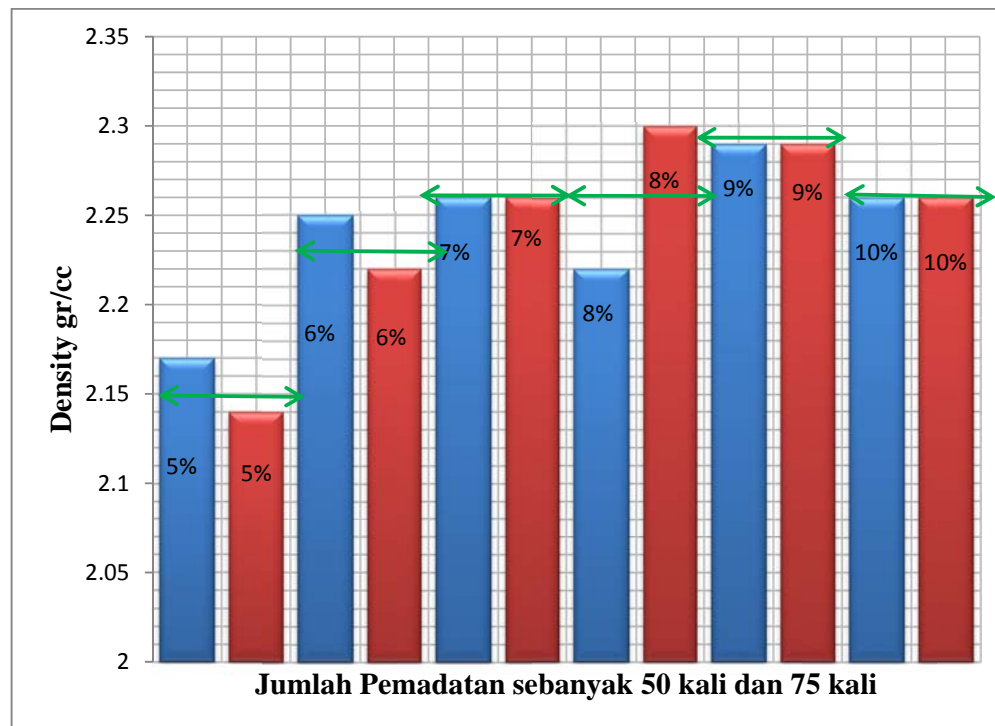
Gambar V.19. Menunjukkan bahwa dilakukan penumbukan sebanyak 50 kali diperoleh kadar aspal optimum sebesar 8 % dan 9% ketika dilakukan penumbukan sebanyak 75 kali maka kadar aspal optimumnya meningkat

menjadi 9 %. Maka dalam penumbukan sebanyak 50 kali dan 75 kali sangat berpengaruh terhadap nilai kadar aspal optimumnya.

2. Pengaruh jumlah tumbukan dalam pemadatan sebanyak 50 kali dan 75 kali terhadap nilai *Density*, VMA (*Void In Mineral Agregate*), VFWA (*Void Filled With Asphalt*), VITM (*Void In The Mix*).

- a. Pengaruh jumlah tumbukan terhadap nilai *density*.

Pengurangan kadar rongga udara pada campuran aspal dengan memberikan energi pemadatan terhadap karakteristik *Indirect Tensile Strength* pada campuran HRS-B (*Hot Roller Sheet*) dengan menggunakan beberapa tingkat energi pemadatan yaitu 50 kali dan 75 kali.

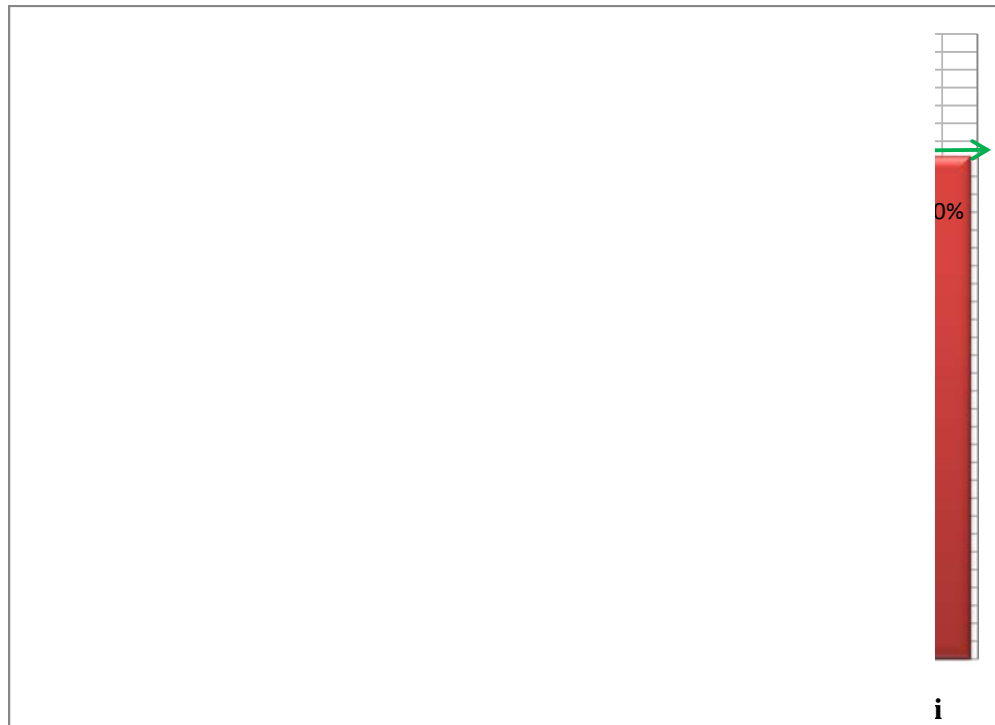


Gambar V.20. Hubungan Jumlah Tumbukan Dalam Pemadatan Sebanyak 50 Kali Dan 75 Kali Terhadap *Density*

Gambar V.20. memperlihatkan kadar aspal 5%, 6%, 8%, dan diperoleh nilai rata-rata *density* sebesar 2,215 gr/cc, 2,235 gr/cc, 2,290 gr/cc. Namun pada saat kadar aspal 7%, 9%, 10% diperoleh nilai rata-rata *density* sebesar 2,26 gr/cc, 2,290 gr/cc, 2,260 gr/cc. Dari masing-masing jumlah pemadatan dalam penumbukan sebanyak 50 kali dan 75 kali. Sebelum di lakukan

pemadatan, suhu pada campuran terlalu tinggi dan mempengaruhi nilai *density*, sehingga nilai *density* pada pemadatan dalam penumbukan sebanyak 50 kali lebih besar dibanding nilai *density* pada pemadatan dalam penumbukan sebanyak 75 kali.

b. Pengaruh jumlah tumbukan terhadap nilai VMA.



Gambar V.21. Hubungan Jumlah Tumbukan Dalam Pemadatan Sebanyak 50 Kali Dan 75 Kali Terhadap VMA

Gambar V.21. memperlihatkan kadar aspal 5%, 6%, 9%, dan nilai rata-rata VMA sebesar 22.135%, 19.565%, 19.975%. Namun pada saat kadar aspal 7%, 8%, 10%, diperoleh nilai rata-rata VMA sebesar 19.575%, 20.160%, 21.710% . Dari masing-masing jumlah pemadatan dalam penumbukan sebanyak 50 kali dan 75 kali. Saat proses pencampuran suhunya menurun sehingga mempengaruhi nilai VMA pada saat dilakukan pemadatan dalam penumbukan sebanyak 75 kali.

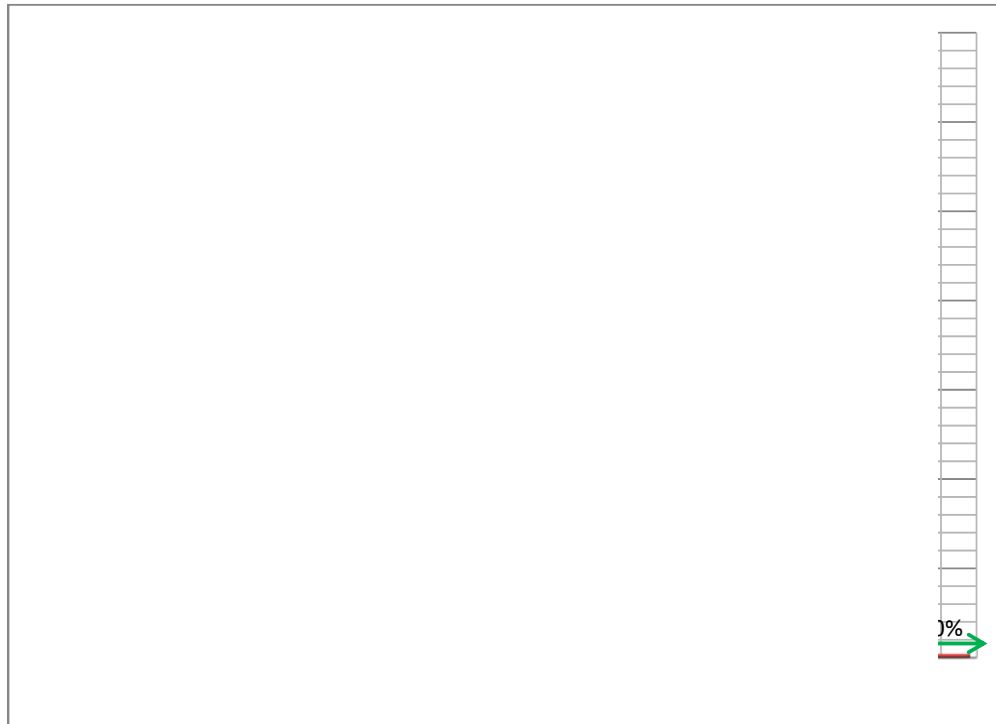
- c. Pengaruh jumlah tumbukan terhadap nilai VFWA (*Void Filled With Asphalt*).



Gambar V.24. Hubungan VFWA terhadap jumlah tumbukan dalam pemadatan sebanyak 50 kali dan 75 kali.

Gambar V.22. memperlihatkan kadar aspal 5%, 6%, dan nilai rata-rata VFWA sebesar 47.065 %, 64.295%. Namun pada saat kadar aspal 7%, 8%, 9%, 10%, diperoleh nilai rata-rata VFWA sebesar 74.520%, 83.380%, 93.395%, 93.435%. Dari masing-masing jumlah pemadatan dalam penumbukan sebanyak 50 kali dan 75 kali. Saat proses pencampuran suhu pada kadar aspal 5%, 6%, 9% menurun sehingga mempengaruhi nilai VFWA pada saat dilakukan pemadatan dalam penumbukan sebanyak 75 kali.

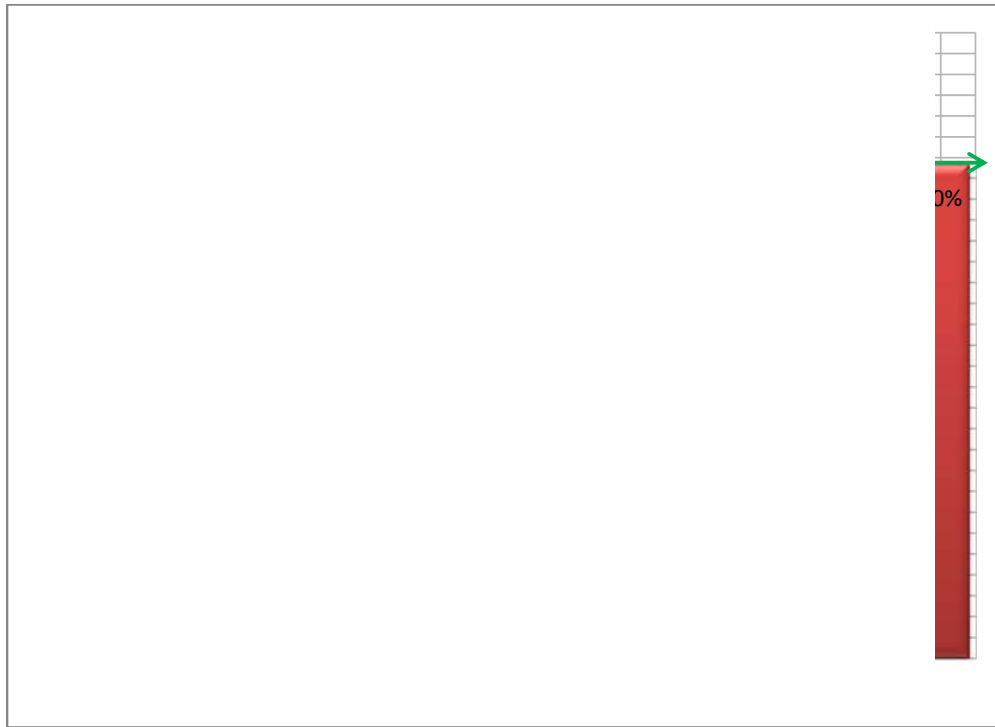
d. Pengaruh jumlah tumbukan terhadap nilai VITM (*Void In The Mix*).



Gambar V.23. Hubungan Jumlah Tumbukan Dalam Pemadatan Sebanyak 50 Kali Dan 75 Kali Terhadap VITM

Gambar V.23. memperlihatkan kadar aspal 5%, 6%, 9%, dan nilai rata-rata VITM sebesar 11.330%, 6.620%, 0.290%,. Namun pada saat kadar aspal 7%, 8%, 10%, diperoleh nilai rata-rata VFWA sebesar 4.365%, 2.800%, 0.180%. Dari masing-masing jumlah pemadatan dalam penumbukan sebanyak 50 kali dan 75 kali. Saat proses pencampuran suhunya pada kadar aspal 7%, 8%, 10% menurun sehingga mempengaruhi nilai VFWA pada saat dilakukan pemadatan dalam penumbukan sebanyak 75 kali.

e. Pengaruh jumlah tumbukan terhadap nilai ITS (*Indirect Tensile Strength*).



Gambar V.24. Hubungan Jumlah Tumbukan Dalam Pemadatan Sebanyak 50 Kali Dan 75 Kali terhadap ITS (*Indirect Tensile Strength*)

Gambar V.24. memperlihatkan kadar aspal 5%, 6%, 7%, 8%, 9%, 10%, diperoleh nilai rata-rata ITS sebesar 72.270 KPa, 80.485 KPa, 90.635 KPa, 103.100 KPa, 100.595 KPa, 90.505 KPa. Dari masing-masing jumlah pemadatan dalam penumbukan sebanyak 50 kali dan 75 kali.

Sampel	Kadar Aspal	Density 50 kali			
	X	Y	X ²	Y ²	X.Y
1	5	2.17	25	5	11
2	6	2.25	36	5	14
3	7	2.26	49	5	16
4	8	2.22	64	5	18
5	9	2.29	81	5	21
6	10	2.26	100	5	23
	45	13.45	355	30	101

$$r = \frac{(n \cdot \sum X \cdot Y) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{n \cdot (\sum X^2) - (\sum X)^2} \cdot \sqrt{n \cdot (\sum Y^2) - (\sum Y)^2}}$$

$$r = \frac{(6 \times 101) - (45) \times (13,5)}{\sqrt{6 \times (335) - (45)^2} \times \sqrt{6 \times (30) - (13,45)^2}} = \frac{1,59}{\sqrt{105 \times 0,0521}} = 0,679$$

Sampel	Kadar Aspal	Density 75 kali			
	X	Y	X ²	Y ²	X.Y
1	5	2.14	25	4.6	10.7
2	6	2.22	36	4.9	13.3
3	7	2.26	49	5.1	15.8
4	8	2.3	64	5.3	18.4
5	9	2.29	81	5.2	20.6
6	10	2.26	100	5.1	22.6
	45	13.47	355	30	101

$$r = \frac{(n \cdot \sum X \cdot Y) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{n \cdot (\sum X^2) - (\sum X)^2} \cdot \sqrt{n \cdot (\sum Y^2) - (\sum Y)^2}}$$

$$r = \frac{(6 \times 101) - (45) \times (13,47)}{\sqrt{6 \times (335) - (45)^2} \times \sqrt{6 \times (30) - (13,47)^2}} = \frac{3}{\sqrt{105 \times 0,1029}} = 0,912$$

Sampel	Kadar Aspal	VMA 50 Kali			
	X	Y	X ²	Y ²	X.Y
1	5	21.82	25	476.1	109.1
2	6	19.06	36	363.3	114.4
3	7	19.62	49	384.9	137.3
4	8	21.58	64	465.7	172.6
5	9	19.88	81	395.2	178.9
6	10	21.79	100	474.8	217.9
	45	123.75	355	2560	930

$$r = \frac{(n \cdot \sum X \cdot Y) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{n \cdot (\sum X^2) - (\sum X)^2} \cdot \sqrt{n \cdot (\sum Y^2) - (\sum Y)^2}}$$

$$r = \frac{(6 \times 930) - (45) \times (123,75)}{\sqrt{6 \times (335) - (45)^2} \times \sqrt{6 \times (2560) - (123,75)^2}} = \frac{13}{\sqrt{105 \times 46,2693}} = 0,18$$

Sampel	Kadar aspal	VMA 75 Kali			
	X	Y	X ²	Y ²	X.Y
1	5	22.45	25	504.0	112.3
2	6	20.07	36	402.8	120.4
3	7	19.53	49	381.4	136.7
4	8	18.74	64	351.2	149.9
5	9	20.07	81	402.8	180.6
6	10	21.63	100	467.9	216.3
	45	122.49	355	2510	916

$$r = \frac{(n \cdot \sum X \cdot Y) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{n \cdot (\sum X^2) - (\sum X)^2} \cdot \sqrt{n \cdot (\sum Y^2) - (\sum Y)^2}}$$

$$r = \frac{(6 \times 916) - (45) \times (122,49)}{\sqrt{6 \times (335) - (45)^2} \times \sqrt{6 \times (2510) - (122,49)^2}} = \frac{7,49}{\sqrt{105 \times 56,6661}} = 0,97$$

Sampel	Kadar aspal	VFWA 50 Kali			
	X	Y	X ²	Y ²	X.Y
1	5	48.50	25	2352.3	242.5
2	6	66.27	36	4391.7	397.6
3	7	74.27	49	5516.0	519.9
4	8	76.88	64	5910.5	615.0
5	9	93.93	81	8822.8	845.4
6	10	93.00	100	8649.0	930.0
	45	452.85	355	35642	3550

$$r = \frac{(n \cdot \sum X \cdot Y) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{n \cdot (\sum X^2) - (\sum X)^2} \cdot \sqrt{n \cdot (\sum Y^2) - (\sum Y)^2}}$$

$$r = \frac{(6 \times 3559) - (45) \times (452,85)}{\sqrt{6 \times (335) - (45)^2} \times \sqrt{6 \times (35642) - (452,85)^2}}$$

$$= \frac{924}{\sqrt{105 \times 8781,13}} = 0,962$$

Sampel	Kadar aspal	VFWA 75 Kali			
	X	Y	X ²	Y ²	X.Y
1	5	45.63	25	2082.1	228.2
2	6	62.32	36	3883.8	373.9
3	7	74.77	49	5590.6	523.4
4	8	89.88	64	8078.4	719.0
5	9	92.86	81	8623.0	835.7
6	10	93.87	100	8811.6	938.7
	45	459.33	355	37069	3619

$$r = \frac{(n \cdot \sum X \cdot Y) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{n \cdot (\sum X^2) - (\sum X)^2} \cdot \sqrt{n \cdot (\sum Y^2) - (\sum Y)^2}}$$

$$r = \frac{(6 \times 3619) - (45) \times (459,33)}{\sqrt{6 \times (335) - (45)^2} \times \sqrt{6 \times (37069) - (459,33)^2}}$$

$$= \frac{1044}{\sqrt{105 \times 11432,4}} = 0,952$$

Sampel	Kadar aspal	VITM 50 Kali			
	X	Y	X ²	Y ²	X.Y
1	5	10.56	25	111.5	52.8
2	6	6.05	36	36.6	36.3
3	7	4.42	49	19.5	30.9
4	8	4.53	64	20.5	36.2
5	9	0.17	81	0.0	1.5
6	10	0.28	100	0.1	2.8
	45	26.01	355	188	161

$$r = \frac{(n \cdot \sum X \cdot Y) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{n \cdot (\sum X^2) - (\sum X)^2} \cdot \sqrt{n \cdot (\sum Y^2) - (\sum Y)^2}}$$

$$r = \frac{(6 \times 161) - (45) \times (26,01)}{\sqrt{6 \times (335) - (45)^2} \times \sqrt{6 \times (188) - (26,01)^2}}$$

$$= \frac{207}{\sqrt{105 \times 453,164}} = 0,948$$

Sampel	Kadar aspal	VITM 75 Kali			
	X	Y	X ²	Y ²	X.Y
1	5	12.1	25	146.4	60.5
2	6	7.19	36	51.7	43.1
3	7	4.31	49	18.6	30.2
4	8	1.07	64	1.1	8.6
5	9	0.41	81	0.2	3.7
6	10	0.08	100	0.0	0.8
	45	25.16	355	218	147

$$r = \frac{(n \cdot \sum X \cdot Y) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{n \cdot (\sum X^2) - (\sum X)^2} \cdot \sqrt{n \cdot (\sum Y^2) - (\sum Y)^2}}$$

$$r = \frac{(6 \times 147) - (45) \times (25,16)}{\sqrt{6 \times (335) - (45)^2} \times \sqrt{6 \times (218) - (25,16)^2}}$$

$$= \frac{251}{\sqrt{105 \times 674,984}} = 0,942$$

Sampel	Kadar aspal	ITS 50 kali			
	X	Y	X ²	Y ²	X.Y
1	5	67.74	25	4588.7	338.7
2	6	79.21	36	6274.2	475.3
3	7	86.28	49	7444.2	604.0
4	8	104.38	64	10895.2	835.0
5	9	90.29	81	8152.3	812.6
6	10	86.29	100	7446.0	862.9
	45	514.19	355	44801	3928

$$r = \frac{(n \cdot \sum X \cdot Y) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{n \cdot (\sum X^2) - (\sum X)^2} \cdot \sqrt{n \cdot (\sum Y^2) - (\sum Y)^2}}$$

$$r = \frac{(6 \times 3928) - (45) \times (514,19)}{\sqrt{6 \times (335) - (45)^2} \times \sqrt{6 \times (44801) - (514,19)^2}}$$

$$= \frac{432}{\sqrt{105 \times 4412,26}} = 0,634$$

Sampel	Kadar aspal	ITS 75 kali			
	X	Y	X ²	Y ²	X.Y
1	5	76.8	25	5898.2	384.0
2	6	81.76	36	6684.7	490.6
3	7	94.99	49	9023.1	664.9
4	8	101.82	64	10367.3	814.6
5	9	110.9	81	12298.8	998.1
6	10	94.72	100	8971.9	947.2
	45	560.99	355	53244	4299

$$r = \frac{(n \cdot \sum X \cdot Y) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{n \cdot (\sum X^2) - (\sum X)^2} \cdot \sqrt{n \cdot (\sum Y^2) - (\sum Y)^2}}$$

$$r = \frac{(6 \times 4299) - (45) \times (560,99)}{\sqrt{6 \times (335) - (45)^2} \times \sqrt{6 \times (53244) - (560,99)^2}}$$

$$= \frac{552}{\sqrt{105 \times 4754,45}} = 0,781$$

Sampel	Density	ITS 50 kali			
	X	Y	X ²	Y ²	X.Y
1	2.17	67.74	5	4588.7	147.0
2	2.25	79.21	5	6274.2	178.2
3	2.26	86.28	5	7444.2	195.0
4	2.22	104.38	5	10895.2	231.7
5	2.29	90.29	5	8152.3	206.8
6	2.26	86.29	5	7446.0	195.0
	13	514.19	30	44801	1154

$$r = \frac{(n \cdot \sum X \cdot Y) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{n \cdot (\sum X^2) - (\sum X)^2} \cdot \sqrt{n \cdot (\sum Y^2) - (\sum Y)^2}}$$

$$r = \frac{(6 \times 1154) - (13) \times (514,19)}{\sqrt{6 \times (30) - (13)^2} \times \sqrt{6 \times (44801) - (514,19)^2}}$$

$$= \frac{6}{\sqrt{11 \times 4412,26}} = 0,370$$

Sampel	Density	ITS 75 kali			
	X	Y	X ²	Y ²	X.Y
1	2.14	76.8	5	5898.2	164.4
2	2.22	81.76	5	6684.7	181.5
3	2.26	94.99	5	9023.1	214.7
4	2.3	101.82	5	10367.3	234.2
5	2.29	110.9	5	12298.8	254.0
6	2.26	94.72	5	8971.9	214.1
	13	560.99	30	53244	1263

$$r = \frac{(n \cdot \sum X \cdot Y) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{n \cdot (\sum X^2) - (\sum X)^2} \cdot \sqrt{n \cdot (\sum Y^2) - (\sum Y)^2}}$$

$$r = \frac{(6 \times 1263) - (13) \times (560,99)}{\sqrt{6 \times (30) - (13)^2} \times \sqrt{6 \times (53244) - (560,99)^2}}$$

$$= \frac{20}{\sqrt{11 \times 4754,21}} = 0,873$$

Sampel	VMA	ITS 50 kali			
	X	Y	X ²	Y ²	X.Y
1	21.82	67.74	476	4588.7	1478.1
2	19.06	79.21	363	6274.2	1509.7
3	19.62	86.28	385	7444.2	1692.8
4	21.58	104.38	466	10895.2	2252.5
5	19.88	90.29	395	8152.3	1795.0
6	21.79	86.29	475	7446.0	1880.3
	124	514.19	2560	44801	10608

$$r = \frac{(n \cdot \sum X \cdot Y) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{n \cdot (\sum X^2) - (\sum X)^2} \cdot \sqrt{n \cdot (\sum Y^2) - (\sum Y)^2}}$$

$$r = \frac{(6 \times 10608) - (124) \times (514,19)}{\sqrt{6 \times (2560) - (124)^2} \times \sqrt{6 \times (44801) - (514,19)^2}}$$

$$= \frac{19}{\sqrt{46,269 \times 4412,26}} = 0,280$$

Sampel	VMA	ITS 75 kali			
	X	Y	X ²	Y ²	X.Y
1	22.45	76.8	504	5898.2	1724.2
2	20.07	81.76	403	6684.7	1640.9
3	19.53	94.99	381	9023.1	1855.2
4	18.74	101.82	351	10367.3	1908.1
5	20.07	110.9	403	12298.8	2225.8
6	21.63	94.72	468	8971.9	2048.8
	122	560.99	2510	53244	11403

$$r = \frac{(n \cdot \sum X \cdot Y) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{n \cdot (\sum X^2) - (\sum X)^2} \cdot \sqrt{n \cdot (\sum Y^2) - (\sum Y)^2}}$$

$$r = \frac{(6 \times 11403) - (122) \times (560,99)}{\sqrt{6 \times (2510) - (122)^2} \times \sqrt{6 \times (53244) - (560,99)^2}}$$

$$= \frac{298}{\sqrt{56,666 \times 4754,45}} = 0,365$$

Sampel	VFWA	ITS 50 kali			
	X	Y	X ²	Y ²	X.Y
1	48.50	67.74	2352	4588.7	3285.4
2	66.27	79.21	4392	6274.2	5249.2
3	74.27	86.28	5516	7444.2	6408.0
4	76.88	104.38	5911	10895.2	8024.7
5	93.93	90.29	8823	8152.3	8480.9
6	93.00	86.29	8649	7446.0	8025.0
	453	514.19	35642	44801	39473

$$r = \frac{(n \cdot \sum X \cdot Y) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{n \cdot (\sum X^2) - (\sum X)^2} \cdot \sqrt{n \cdot (\sum Y^2) - (\sum Y)^2}}$$

$$r = \frac{(6 \times 39473) - (453) \times (514,19)}{\sqrt{6 \times (35642) - (453)^2} \times \sqrt{6 \times (44801) - (514,19)^2}}$$

$$= \frac{3989}{\sqrt{8781,13 \times 4412,26}} = 0,640$$

Sampel	VFWA	ITS 75 kali			
	X	Y	X ²	Y ²	X.Y
1	45.63	76.8	2082	5898.2	3504.4
2	62.32	81.76	3884	6684.7	5095.3
3	74.77	94.99	5591	9023.1	7102.4
4	89.88	101.82	8078	10367.3	9151.6
5	92.86	110.9	8623	12298.8	10298.2
6	93.87	94.72	8812	8971.9	8891.4
	459	560.99	37069	53244	44043

$$r = \frac{(n \cdot \sum X \cdot Y) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{n \cdot (\sum X^2) - (\sum X)^2} \cdot \sqrt{n \cdot (\sum Y^2) - (\sum Y)^2}}$$

$$r = \frac{(6 \times 44043) - (459) \times (560,99)}{\sqrt{6 \times (37069) - (459)^2} \times \sqrt{6 \times (53244) - (560,99)^2}}$$

$$= \frac{6580}{\sqrt{11432 \times 4754,45}} = 0,892$$

Sampel	VITM	ITS 50 kali			
	X	Y	X ²	Y ²	X.Y
1	10.56	67.74	112	4588.7	715.3
2	6.05	79.21	37	6274.2	479.2
3	4.42	86.28	20	7444.2	381.4
4	4.53	104.38	21	10895.2	472.8
5	0.17	90.29	0	8152.3	15.3
6	0.28	86.29	0	7446.0	24.2
	26	514.19	188	44801	2088

$$r = \frac{(n \cdot \sum X \cdot Y) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{n \cdot (\sum X^2) - (\sum X)^2} \cdot \sqrt{n \cdot (\sum Y^2) - (\sum Y)^2}}$$

$$r = \frac{(6 \times 2088) - (26) \times (514,19)}{\sqrt{6 \times (188) - (26)^2} \times \sqrt{6 \times (44801) - (514,19)^2}}$$

$$= \frac{844}{\sqrt{453,164 \times 4412,26}} = 0,596$$

Sampel	VITM	ITS 75 kali			
	X	Y	X ²	Y ²	X.Y
1	12.1	76.8	146	5898.2	929.3
2	7.19	81.76	52	6684.7	587.9
3	4.31	94.99	19	9023.1	409.4
4	1.07	101.82	1	10367.3	108.9
5	0.41	110.9	0	12298.8	45.5
6	0.08	94.72	0	8971.9	7.6
	25	560.99	218	53244	2089

$$r = \frac{(n \cdot \sum X \cdot Y) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{n \cdot (\sum X^2) - (\sum X)^2} \cdot \sqrt{n \cdot (\sum Y^2) - (\sum Y)^2}}$$

$$r = \frac{(6 \times 2089) - (25) \times (560,99)}{\sqrt{6 \times (218) - (25)^2} \times \sqrt{6 \times (53244) - (560,99)^2}}$$

$$= \frac{1583}{\sqrt{674,984 \times 4754,45}} = 0,883$$

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian laboratorium mengenai analisis kekuatan tarik material campuran HRS-B (*Hot Rolled Sheet*) menggunakan sistem pengujian *indirect tensile strength* , maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Karakteristik *Density*, VMA (*Void In Mineral Agregate*), VFWA (*Void Filled With Asphalt*), VITM (*Void In The Mix*) pada benda uji campuran HRS-B (*Hot Rolled Sheet*).
 - Seiring dengan penambahan kadar aspal maka garis *trendline* pada nilai *density*, VFWA (*Void Filled With Asphalt*), nilai tersebut menunjukkan kenaikan namun garis *trendline* pada nilai VMA (*Void In Mineral Agregate*) menunjukkan garis *trendline* yang tidak menentu, sedangkan garis *trendline* pada VITM (*Void In The Mix*) menunjukkan turunan.
 - Prediksi kadar aspal optimum berdasarkan nilai ITS (*Indirect Tensile Strength*). diperoleh nilai kadar aspal optimum sebesar 8 % dan 9 % untuk jumlah tumbukan masing-masing 50 kali dan 75 kali.
2. Karakteristik nilai ITS (*Indirect Tensile Strength*) pada benda uji campuran HRS-B (*Hot Rolled Sheet*).
 - Nilai *Indirect Tensile Strength* cenderung mengalami kenaikan bila *trendline* nilai *Density* menunjukkan nilai maksimum sebesar 2,24 gr/cc pada saat nilai ITS sebesar 85 KPa ,VFWA dan VITM menunjukkan nilai maksimum sebesar 80 % dan 2,25 % pada saat nilai ITS sebesar 86 KPa untuk jumlah tumbukan 50 kali, sedangkan pada saat nilai ITS sebesar 100 KPa maka nilai VAM menunjukkan nilai maksimum sebesar 20,5 % dan 19,5 % masing-masing penumbukan 50 kali dan 75 kali.

3. Nilai *density*, VFWA, dan ITS pada benda uji yang ditumbuk 75 kali memberikan nilai yang lebih tinggi dibanding pada benda uji yang ditumbuk 50 kali, namun sebaliknya nilai VMA dan VITM memberikan nilai yang lebih rendah.

B. SARAN

Setelah melakukan penelitian tentang analisis karakteristik lapisan campuran beton aspal menggunakan alat ITS (*Indirect Tensile Strength*), maka dapat dikemukakan saran-saran sebagai berikut :

1. Pengukuran bahan-bahan pokok dan ketelitian pembacaan data yang dihasilkan sangat diperlukan dalam percobaan dilaboratorium, begitu pula dengan ketentuan-ketentuan tentang temperatur campuran, pemadatan, pengujian benda uji, serta ketentuan lainnya harus diawasi secara cermat.
2. Sebelum melaksanakan penelitian sebaiknya dipahami faktor yang berpengaruh terhadap hasil penelitian ini, antara lain ketelitian dalam penimbangan, bahan yang akan dipergunakan dan penggunaan alat-alat lainnya.
3. Dalam penggabungan fraksi agregat sebaiknya menggunakan lebih dari satu metode untuk mendapatkan hasil yang lebih teliti dan mendekati medium spec.

DAFTAR PUSTAKA

- , 2001, *Pedoman Penyusunan Laporan Kerja Praktek, Usulan Tugas Akhir, Laporan Tugas Akhir*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- , ASTM (1989), *Annual book of ASTM Standart, Vol 04, 08, Philadelphia, Pa*, 14 th ed, 420 Philadelphia, Pa.
- Christensen, D.W. and Bonaquist, R.F, 2003, *Sample Performance Test for Superpave Mix Design*, First-article Development and Evaluation, Washington, D.C.
- Zaniewski, J.P, 2004, *Evaluation of Indirect Tensile Strength to Identify Asphalt Concrete Rutting Potential*, Asphalt Technology Program, Department of Civil and Environmental Engineering West Virginia University, West Virginia.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1999, *Pedoman Perencanaan campuran beraspal dengan Pendekatan kepadatan mutlak*, Direktorat Jendral Bina Marga, No. 025/T/BM/1999, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1992, *Spesifikasi Umun Jalan dan Jembatan*, Diroktorat Jendral Bina Marga, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1989, *Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton Untuk Jalan Raya*, Direktorat Jendral Bina Marga, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1987, *Petunjuk Pelaksanaan Lapis Tipis Beton Aspal (Lataston) untuk jalan dan jembatan*, Direktorat Jendral Bina Marga, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1983, *Tentang syarat-syarat standar campuran aspal beton*, Direktorat Jendral Bina Marga, *Peraturan no 13/PT/B/1983*, Jakarta.
- Standar Nasional Indonesia, 2008, *Cara Uji Ketahanan Campuran Beraspal Terhadap Kerusakan Akibat Rendaman*.
- Sukirman, S, 2003, *Beton Aspal Campuran Panas*, Penerbit Granit, Jakarta.
- Sukirman, S, 1992, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Penerbit Nova, Bandung.
- Sunarjono, S, 2009, *Desain Perkerasan Jalan*, Hand-out Perkuliahan, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

- Sunarjono, S, 2007, *Tensile Strength And Stiffness Modulus Of Foamed Asphalt Applied To A Grading Representative Of Indonesian Road Recycled Pavement Materials*, dinamika teknik sipil, volume 7, nomor 1, januari 2007, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Asparini, A, 2006, *Batu Putih dari Rengel-Tuban sebagai Bahan Alternatif Agregat Campuran HRS*, Jurnal Aplikasi: Media Informasi & Komunikasi Aplikasi Teknik Sipil Terkini, Volume 1, Nomor 1, Agustus 2006, Universitas ITS, Surabaya.
- Basuki, R, 2007, *Penambahan Gilsonite Resin Pada Aspal Prima 55 untuk Meningkatkan Kualitas Perkerasan Hot Mix*, Jurnal Aplikasi: Media Informasi & Komunikasi Aplikasi Teknik Sipil Terkini, Volume 3, Nomor 1, Agustus 2007, Universitas ITS, Surabaya.
- Tenriajeng, 2005, *Laston sebagai bahan alternatif pada pekerjaan lapisan jalan*, Jurnal Aplikasi: Konstruksi & Desain, Volume 1, Nomor 1, Juli 2002, Universitas Gunadarma, Bali.
- Yuniarto, E, 2005, *Penggunaan abu gambut sebagai filler pada campuran lapis aspal beton dengan pengujian marshall*, Media Teknik Sipil / Juli 2006 / 67, Fakultas Teknik, Universitas Riau.
- Rianung, S, 2007, *Kajian Laboratorium Pengaruh Bahan Tambah Gondorukem pada Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC) Terhadap Nilai Propertis Marshall dan Durabilitas*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro Semarang.
- Darunifah, N, 2007, *Pengaruh Bahan Tambahan Karet Padat Terhadap Karakteristik Campuran Hot Rolled Sheet Wearing Course (HRS - WC)*, Tesis, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro Semarang.
- Utama, H, H, 2006, *Karakteristik Asphalt Concrete dengan Indirect Tensile Strenght*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Puspitasari, 2008, *Optimalisasi perencanaan campuran panas HRS-B (Hot Rolled Sheet) ditinjau dari karakteristik Marshall dan Durabilitas*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.

- Nugroho, 2003, *Pengaruh penambahan serabut kelapa terhadap karakteristik Marshall pada campuran HRS-B (Hot Rolled Sheet)*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Prasetyo, 2005, *Analisis Korelasi Antara Nilai Marshall Stability dan ITS (Indirect Tensile Strength)*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Suwarno, 2006, *Karakteristik Porous Asphalt di uji dengan ITS (Indirect Tensile Strength)*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Yudhianto, A, 2005, *Evaluasi Kinerja Campuran Hot Rolled Sheet Yang Mengandung Bottom Ash Dan Fly Ash Sebagai Agregat Pengganti di uji dengan ITS (Indirect Tensile Strength)*, Tesis Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Insitut Teknologi Bandung.

LAMPIRAN



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
LABORATORIUM JALAN RAYA

Jl. A Yani Pabelan Kartasura Tromol Pos I Telp (0271) 717417 Psw 213 fax (0271) 715448 Surakarta 57102

RESUME HASIL PEMERIKSAAN ASPAL

SIFAT DAN JENIS ASPAL AC 60/70

No.	Jenis Pemeriksaan	Spesifikasi	Hasil	Satuan
1.	Penetrasi (25 ⁰ C)	60 - 79	76,4	0,1 mm
2.	Titik Lembek	48 - 58	54	⁰ C
3.	Titik Nyala	>200	347	⁰ C
4	Titik Bakar	>200	350	⁰ C
4.	Daktalitas (25 ⁰ C, 5 cm/menit)	>100	>100	cm
5.	Kehilangan Berat (163 ⁰ C, 5 jam)	< 0,4	-	%
6.	Kelarutan Dalam CCl ₄	> 99	-	%
7.	Penetrasi Setelah Kehilangan Berat	> 75	-	% of original
8.	Berat Jenis Aspal	1	1	gr / cc



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
LABORATORIUM JALAN RAYA

Jl. A Yani Pabelan Kartasura Tromol Pos I Telp (0271) 717417 Psw 213 fax (0271) 715448 Surakarta 57102

HASIL PEMERIKSAAN ASPAL

Jenis contoh : AC 60/70 Ex PERTAMINA
 Untuk pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir

PEMERIKSAAN PENETRASI

	Contoh dipanaskan	Pembacaan waktu	Pembacaan suhu oven
Pembukaan contoh	Mulai jam :	12.00	Temp :
Mendinginkan contoh	Selesai jam :	12.15	
	Dibiarkan dalam suhu ruang		
	Mulai jam :	12.30	
Mencapai suhu pemeriksaan	Selesai jam :	13.00	Pembacaan suhu <i>water bath</i> Temp : 25°C Pembacaan suhu thermometer Temp :
	Direndam pada suhu 25°C		
	Mulai jam :	13.00	
	Selesai jam :	13.30	
pemeriksaan	Daktalitas pada 25°C		
	Mulai jam :	13.30	
	Selesai jam :	13.45	

Penetrasi pada suhu 25°C				I	II	Penetrasi Rata-Rata	
Sket pengamatan							
1		1		106	112	76,4	83,6
		2		83	101		
2	5	3	3	66	88		
			4	52	39		
			4	75	78		
Rata-rata				76,4	83,6	80	



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
LABORATORIUM JALAN RAYA

Jl. A Yani Pabelan Kartasura Tromol Pos I Telp (0271) 717417 Psw 213 fax (0271) 715448 Surakarta 57102

HASIL PEMERIKSAAN TITIK LEMBEK (*RING AND BALL TEST*)

Jenis contoh : AC 60/70 Ex PERTAMINA

Untuk pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir

PEMERIKSAAN TITIK LEMBEK (*RING AND BALL TEST*)

	Contoh dipanaskan	Pembacaan waktu	Pembacaan suhu oven
Pembukaan contoh Mendinginkan contoh	Mulai jam : Selesai jam : Dibiarkan dalam suhu ruang Mulai jam : Selesai jam : Direndam pada suhu 25°C Mulai jam : Selesai jam : Daktalitas pada 25°C Mulai jam : Selesai jam :	14.30 13.40 14.45 15.15 15.15 16.00	Temp :56 °C Pembacaan suhu <i>water bath</i> Temp : 25°C Pembacaan suhu thermometer Temp :

No	Suhu yang diamatai		Waktu (detik)		Titik lembek°C	
	°C	°F	I	II	I	II
1	5	41				
2	10	50	88			
3	15	59	105			
4	20	68	70			
5	25	77	66			
6	30	86.6	53			
7	35	95	65			
8	40	104	63			
9	45	113	61			
10	50	122	83			
11	55	131	30		54° 30"	



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
LABORATORIUM JALAN RAYA

Jl. A Yani Pabelan Kartasura Tromol Pos I Telp (0271) 717417 Psw 213 fax (0271) 715448 Surakarta 57102

HASIL PEMERIKSAAN DAKTILITAS (*DUCTILITY*)

Jenis contoh : AC 60/70 Ex PERTAMINA
Untuk pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir

PEMERIKSAAN DAKTILITAS

	Contoh dipanaskan	Pembacaan waktu	Pembacaan suhu
Pembukaan contoh	Mulai jam :	10.55	Temp : 130°C
Mendinginkan contoh	Selesai jam :	11.10	
	Dibiarkan dalam suhu ruang		
	Mulai jam :	13.50	
	Selesai jam :	14.15	
	Daktalitas pada 25°C		Pembacaan suhu thermometer
	Mulai jam :	14.15	Temp : 25°C
	Selesai jam :	15.41	

Daktalitas pada suhu 25°C	Pembacaan pengukur pada alat	Keterangan
Pengamatan I	> 1500 cm	Tidak Terputus
Pengamatan II	> 1500 cm	Tidak terputus
Rata-rata	> 1500 cm	



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
LABORATORIUM JALAN RAYA

Jl. A Yani Pabelan Kartasura Tromol Pos I Telp (0271) 717417 Psw 213 fax (0271) 715448 Surakarta 57102

HASIL PEMERIKSAAN BERAT JENIS ASPAL KERAS

Jenis contoh : AC 60/70 Ex PERTAMINA

Untuk pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir

PEMERIKSAAN BERAT JENIS ASPAL

Berat picnometer kosong	(A)	24 gram
Berat picnometer + air	(B)	50 gram
Berat picnometer + aspal	(C)	40 gram
Berat picnometer + air + aspal	(D)	50 gram
Berat aspal	(C-A)	16 gram
Isi aspal	(B-A)-(D-C)	16 gram
Berat jenis aspal $= \frac{(C - A)}{(B - A) - (D - C)}$		$\frac{(40 - 24)}{(50 - 24) - (50 - 40)} = 1 \text{ gr/cc}$



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
LABORATORIUM JALAN RAYA

Jl. A Yani Pabelan Kartasura Tromol Pos I Telp (0271) 717417 Psw 213 fax (0271) 715448 Surakarta 57102

PEMERIKSAAN TITIK NYALA DAN TITIK BAKAR

Jenis contoh : AC 60/70 Ex PERTAMINA

Untuk pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir

	Contoh dipanaskan	Pembacaan waktu	Pembacaan suhu
Pembukaan	Mulai jam :		
Contoh	Selesai jam :		Pembacaan suhu
Mendinginkan	Dibiarkan dalam suhu		thermometer titik
contoh	ruang		nyala
	Mulai jam :		Temp : 56 ⁰ C
	Selesai jam :		
Pemeriksaan	Titik nyala dan titik		Pembacaan suhu
	bakar		thermometer titik
	Mulai jam :		bakar
	Selesai jam :		Temp : 56 ⁰ C s/d 28 ⁰ C

Pengamatan	Suhu ⁰ C
Titik nyala	347
Titik bakar	350



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
LABORATORIUM JALAN RAYA

Jl. A Yani Pabelan Kartasura Tromol Pos I Telp (0271) 717417 Psw 213 fax (0271) 715448 Surakarta 57102

RESUME HASIL PEMERIKSAAN AGREGAT

HASIL PEMERIKSAAN AGREGAT

No.	Jenis Pemeriksaan	Spesifikasi	Hasil	Satuan
1.	Abrasi	Max 40	36	%
2.	Kelekatan Terhadap Aspal	Min 95	100	%
3.	BJ Agregat Kasar Semu	> 2,50	2,78	-
	BJ Agregat Halus Semu	> 2,50	3,42	-
4.	Absorbsi Agregat Kasar	< 3	1,13	%
	Absorbsi Agregat Halus	< 3	2,88	%
5.	<i>Sand Equivalent</i>	> 50	68	%



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
LABORATORIUM JALAN RAYA

Jl. A Yani Pabelan Kartasura Tromol Pos I Telp (0271) 717417 Psw 213 fax (0271) 715448 Surakarta 57102

HASIL PEMERIKSAAN AGREGAT KASAR

Jenis contoh : Agregat Batu Pecah Ex PT.Panca Darma Wonogiri
Untuk pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir

PEMERIKSAAN KEAUSAN AGREGAT (ABRASI) DENGAN LOS ANGELES

Lolos saringan (mm)	Tertahan saringan (mm)	Berat benda uji (gr)
72,6	63,5	
63,5	50,8	
38,1	25,4	
25,4	19,05	
19,05	12,5	2500
12,5	9,5	2500
9,5	6,35	
6,35	4,76	
4,75	2,36	
Jumlah benda uji (A)		5000
Jumlah tertahan ayakan No. 12 (B)		3289
Keausan = $\frac{A-B}{A} \times 100\%$		36 %



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
LABORATORIUM JALAN RAYA

Jl. A Yani Pabelan Kartasura Tromol Pos I Telp (0271) 717417 Psw 213 fax (0271) 715448 Surakarta 57102

HASIL PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR

Jenis contoh : Agregat Batu Pecah Ex PT.Panca Darma Wonogiri
Untuk pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR

Keterangan	Hasil
Berat benda uji dalam keadaan jenuh/ SSD (BJ)	978
Berat benda uji dalam air (BA)	620
Berat benda uji kering oven (BK)	967
Berat jenis <i>bulk</i> $\frac{BK}{(BJ - BA)}$	2,70
Berat jenis SSD $\frac{BJ}{(BJ - BA)}$	2,73
Berat jenis semu $\frac{BK}{(BK - BA)}$	2,78
Penyerapan <i>absorpsi</i> $\frac{BJ - BK}{BK} \times 100\%$	1,13



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
LABORATORIUM JALAN RAYA

Jl. A Yani Pabelan Kartasura Tromol Pos I Telp (0271) 717417 Psw 213 fax (0271) 715448 Surakarta 57102

Jenis contoh : Agregat Batu Pecah Ex PT.Panca Darma Wonogiri
Untuk pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir

PEMERIKSAAN KELEKATAN AGREGAT TERHADAP ASPAL

Berat agregat (A)	100 gram
Berat aspal (B)	5 gram
Berat aspal yang terlepas (C)	0 gram
Persentase kelekatan agregat terhadap aspal $= \frac{(A + B) - C}{(A + B)} \times 100\%$	100 %

PEMERIKSAAN BERAT JENIS *FILLER*

Keterangan	Hasil
Picno Kosong (W1)	159 gr
Picno + benda uji (W2)	401,2 gr
Berat benda uji (WK=W2-W1)	242,2 gr
Berat Picno + Air + Benda uji (W3)	805,4
Berat Picno + Air .25°C (W4)	659 gr
W5=WK+W4	901,2 gr
Isi debu batu (W5-W3)	95,8 cc
$B/\bar{=}\frac{Wk}{W5-W3}$	2,53 gr/cc

Fraksi : I

Berat Bahan (kering) : 1500 gram

Ukuran	Ukuran	Terkoreksi			
Saringan	Saringan	Berat	Jumlah berat	Persen Jumlah	Persen Lolos
inchi/No	(mm)	tertinggal	Tertinggal	tertinggal	
3/4	19.10	0	0	0.00	100.00
1/2	12.70	30	30	2.00	98.00
3/8	9.52	1200	1230	82.00	18.00
NO.3	6.35	189	1419	94.60	5.40
NO.4	4.76	29	1448	96.53	3.47
NO.8	2.38	22	1470	98.00	2.00
NO.30	0.39	9	1479	98.60	1.40
NO.80	0.177	5	1484	98.93	1.07
No.200	0.074	4	1488	99.20	0.80
Pan		12	1500	100.00	0.00
Jumlah	1500				

Fraksi : II

Berat Bahan (kering) : 1000 gram

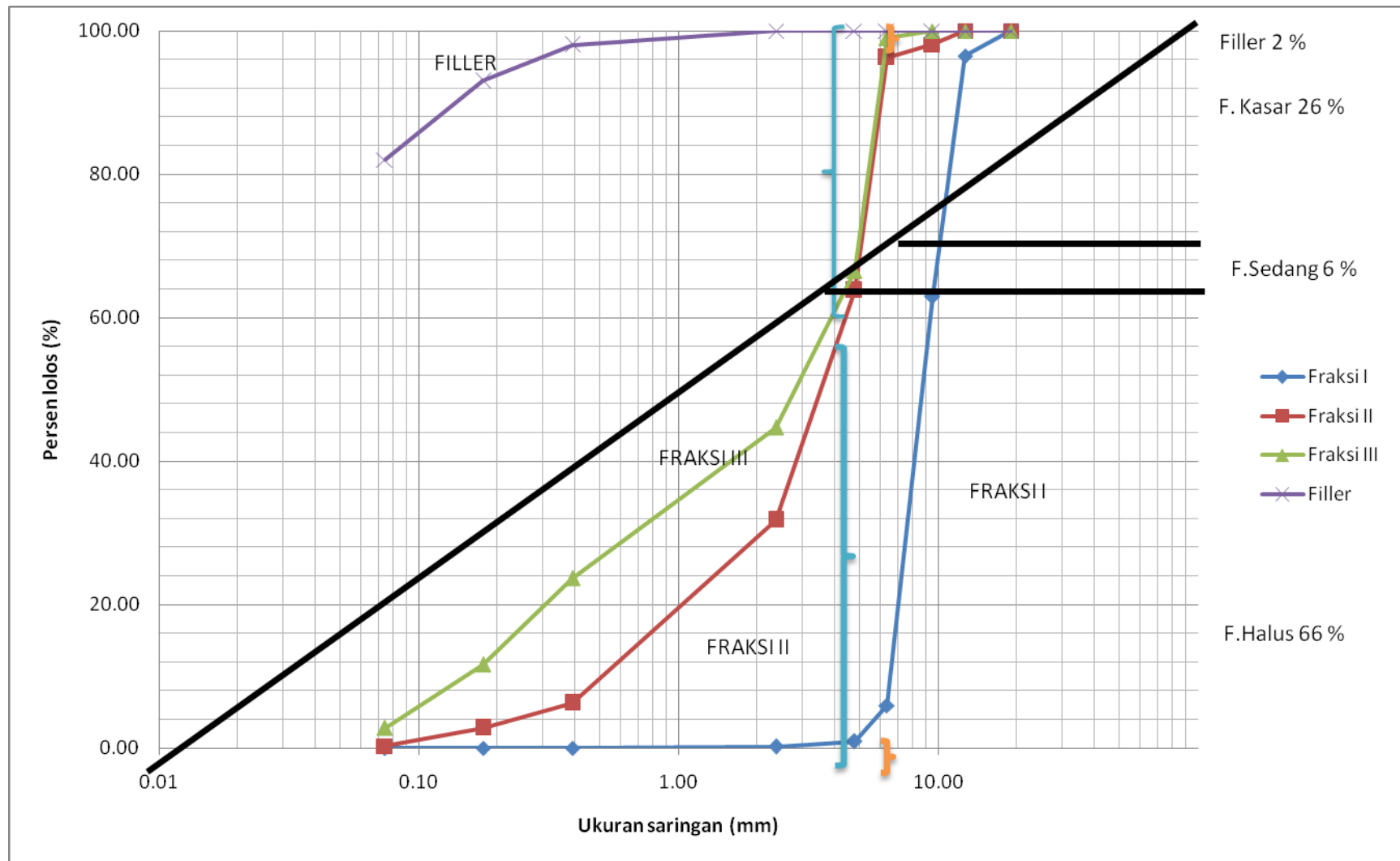
Ukuran	Ukuran	Terkoreksi			
Saringan	Saringan	Berat	Jumlah berat	Persen Jumlah	Persen Lolos
inchi/No	(mm)	tertinggal	Tertinggal	tertinggal	
3/4	19.10	0	0	0.00	100.00
1/2	12.70	0	0	0.00	100.00
3/8	9.52	6	6	0.60	99.40
NO.3	6.35	55	61	6.10	93.90
NO.4	4.76	489	550	55.00	45.00
NO.8	2.38	378	928	92.80	7.20
NO.30	0.39	52	980	98.00	2.00
NO.80	0.177	6	986	98.60	1.40
No.200	0.074	5	991	99.10	0.90
Pan		9	1000	100.00	0.00
Jumlah	1000				

Fraksi : III

Berat Bahan (kering) : 500 gram

Ukuran	Ukuran	Terkoreksi			
Saringan	Saringan	Berat	Jumlah berat	Persen Jumlah	Persen Lolos
inchi/No	(mm)	tertinggal	Tertinggal	tertinggal	
3/4	19.10	0	0	0.00	100.00
1/2	12.70	0	0	0.00	100.00
3/8	9.52	7	7	1.40	98.60
NO.3	6.35	9	16	3.21	96.79
NO.4	4.76	79	95	19.04	80.96
NO.8	2.38	99	194	38.88	61.12
NO.30	0.39	105	299	59.92	40.08
NO.80	0.177	123	422	84.57	15.43
No.200	0.074	75	497	99.60	0.40
Pan		2	499	100.00	0.00
Jumlah	499				

Ukuran Saringan inchi/No	Ukuran Saringan (mm)	Lolos Fraksi I	Lolos Fraksi II	Lolos Fraksi III	CA : 40%	MA : 35%	FA : 20.5%	FF : 4.5%	Jumlah	Medium spec	spec	Ket
3/4	19.10	100.00	100.00	100.00	40.00	35.00	20.50	4.5	95.50	100	100	Masuk
1/2	12.70	98.00	100.00	100.00	39.20	35.00	20.50	4.5	94.70	90	80-100	Masuk
3/8	9.52	18.00	99.40	98.60	7.20	34.79	20.21	4.5	62.20	80	70-90	Masuk
NO.3	6.35	5.40	93.90	96.79	2.16	32.87	19.84	4.5	54.87	60	50-70	Masuk
NO.4	4.76	3.47	45.00	80.96	1.39	15.75	16.60	4.5	33.73	42.5	35-50	Masuk
NO.8	2.38	2.00	7.20	61.12	0.80	2.52	12.53	4.5	15.85	23.5	18-29	Masuk
NO.30	0.39	1.40	2.00	40.08	0.56	0.70	8.22	4.5	9.48	18	13-23	Masuk
NO.80	0.177	1.07	1.40	15.43	0.43	0.49	3.16	4.5	4.08	12	8-16	Masuk
No.200	0.074	0.80	0.90	0.40	0.32	0.32	0.08	4.5	0.72	7	4-10	Masuk



Perencanaan Campuran

Total Campuran = 1200 gram

1. Kadar Aspal 5%

Berat Agregat Kasar = $26\% \times 1200$ = 312 gram
Berat Agregat Sedang = $6\% \times 1200$ = 72 gram
Berat Agregat Halus = $66\% \times 1200$ = 792 gram
Kadar Filler = $2\% \times 1200$ = 24 gram
= 1200 gram

Berat Aspal = $5\% \times 1200$ = 60 gram

Total campuran = $1200 + 60 = 1260$ gram

Persentase aspal terhadap total campuran

$$\frac{60}{1260} \times 100 = 4,761\%$$

2. Kadar Aspal 6%

Berat Agregat Kasar = $26\% \times 1200$ = 312 gram
Berat Agregat Sedang = $6\% \times 1200$ = 72 gram
Berat Agregat Halus = $66\% \times 1200$ = 792 gram
Kadar Filler = $2\% \times 1200$ = 24 gram
= 1200 gram

Berat Aspal = $6\% \times 1200$ = 72 gram

Total campuran = $1200 + 72 = 1272$ gram

Persentase aspal terhadap total campuran

$$\frac{72}{1272} \times 100 = 5,660\%$$

3. Kadar Aspal 7%

Berat Agregat Kasar = $26\% \times 1200$ = 312 gram
Berat Agregat Sedang = $6\% \times 1200$ = 72 gram
Berat Agregat Halus = $66\% \times 1200$ = 792 gram
Kadar Filler = $2\% \times 1200$ = 24 gram
= 1200 gram

Berat Aspal = $7\% \times 1200$ = 84 gram

Total campuran = $1200 + 84 = 1284$ gram

Persentase aspal terhadap total campuran

$$\frac{84}{1284} \times 100 = 6,542\%$$

4. Kadar Aspal 8%

Berat Agregat Kasar = $26\% \times 1200$ = 312 gram
Berat Agregat Sedang = $6\% \times 1200$ = 72 gram
Berat Agregat Halus = $66\% \times 1200$ = 792 gram
Kadar Filler = $2\% \times 1200$ = 24 gram
= 1200 gram

$$\text{Berat Aspal} = 8\% \times 1200 = 96 \text{ gram}$$

$$\text{Total campuran} = 1200 + 96 = 1296 \text{ gram}$$

Persentase aspal terhadap total campuran

$$\frac{96}{1296} \times 100 = 7,4074 \%$$

5. Kadar Aspal 9%

$$\text{Berat Agregat Kasar} = 26\% \times 1200 = 312 \text{ gram}$$

$$\text{Berat Agregat Sedang} = 6\% \times 1200 = 72 \text{ gram}$$

$$\text{Berat Agregat Halus} = 66\% \times 1200 = 792 \text{ gram}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar Filler} &= 2\% \times 1200 = \underline{24 \text{ gram}} \\ &= 1200 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\text{Berat Aspal} = 9\% \times 1200 = 108 \text{ gram}$$

$$\text{Total campuran} = 1200 + 108 = 1308 \text{ gram}$$

Persentase aspal terhadap total campuran

$$\frac{108}{1308} \times 100 = 8,2568 \%$$

6. Kadar Aspal 10%

$$\text{Berat Agregat Kasar} = 26\% \times 1200 = 312 \text{ gram}$$

$$\text{Berat Agregat Sedang} = 6\% \times 1200 = 72 \text{ gram}$$

$$\text{Berat Agregat Halus} = 66\% \times 1200 = 792 \text{ gram}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar Filler} &= 2\% \times 1200 = \underline{24 \text{ gram}} \\ &= 1200 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\text{Berat Aspal} = 10\% \times 1200 = 120 \text{ gram}$$

$$\text{Total campuran} = 1200 + 120 = 1320 \text{ gram}$$

Persentase aspal terhadap total campuran

$$\frac{120}{1320} \times 100 = 9,0909 \%$$

Tabel V.7. Koreksi Tebal Benda Uji

Isi benda uji	Tebal benda uji	Angka Koreksi
200-213	25.4	5.56
214-225	27	5
226-237	28.6	4.55
238-250	30.2	4.17
251-264	31.8	3.85
265-276	33.3	3.47
277-289	34.9	3.33
290-301	36.5	3.43
302-316	38.1	2.78
317-328	39.7	2.5
329-340	41.3	2.27
341-353	42.9	2.08
354-367	44.4	1.92
368-379	46	1.79
380-392	47.6	1.67
393-405	49.2	1.56
406-420	50.8	1.47
421-431	52.4	1.39
432-443	54.0	1.32
444-456	55.6	1.25
457-470	67.3	1.19
471-482	58.7	1.14
485-495	60.3	1.09
496-508	61.9	1.04
509-522	63.5	1.00
523-535	64.0	0.96
536-546	65.1	0.93
547-559	66.7	0.89
560-573	68.3	0.86
574-585	71.4	0.83
586-598	73.0	0.81
599-610	74.6	0.78
611-625	76.2	0.76

Keterangan Hitungan Tabel ITS

a = kadar aspal terhadap total agregat, %, misalnya : 5%,6%, dst

b = kadar aspal terhadap total campuran, %

$$\text{misalnya pada 5 \% (a)} \rightarrow b = \frac{5}{100 + 5} \times 100\% = 4.762\%, \text{dst}$$

c = berat kering benda uji 1240 (gram)

d = berat keadaan jenuh benda uji 1253 (gram)

e = berat benda uji dalam air 653 (gram)

f = volume benda uji = d - c, (gram) (1253-653= 600)

$$g = \text{berat volume benda uji} = \frac{c}{f}, (\text{gram})$$

$$\frac{1240}{597} = 2,077$$

$$h = \text{berat jenis maksimum (teoritis) benda uji} = \frac{100}{\frac{\% \text{ agregat}}{b_j \text{ agregat}} + \frac{\% \text{ aspal}}{b_j \text{ aspal}}}$$

$$\frac{100}{\frac{5}{2,92} + \frac{5}{1}} = 2,43\%$$

$$i = \text{volume aspal terhadap benda uji, \%} = \frac{b \times g}{g_s \text{ binder}} = \frac{4,762 \times 2,07}{1} = 9,71\%$$

$$j = \text{volume total agregat, \%} = \frac{(100 - b)g}{g_s \text{ agregat}} = \frac{(100 - 4,762) \times 2,07}{2,92} = 75,01\%$$

$$k = \text{Volume \% total voids} = 100 - i - j = 100 - 9,71 - 75,01 = 15,28\%$$

$$l = \text{Voids \% agregat} = 100 - j = 100 - 75,01 = 24,99\%$$

$$m = \text{Voids \% field with binder} = \frac{i}{l} \times 100 = (9,71/24,99) = 38,08\%$$

n = rongga terhadap campuran

atau VITM = void in total mix, % =

$$100 - \left(100 \cdot \frac{g}{h} \right) = 100 - \left(100 \times \frac{2,07}{2,43} \right) = 14,98\%$$

o = nilai pembacaan dial pembebanan= 6

p = stabilitas, kg = p . x kalibrasi proving ring

$$6 \times 36,66 = 219,96 \text{ kg}$$

$$\text{Koreksi tebal benda uji} = \left[\frac{71,4 - 70}{71,4 - 68,3} \times 0,86 - 0,83 \right] + 0,83 = 0,844$$

$$q = 219,96 \times 0,844 \times 0,4536 = 83,81$$

$$r = \text{nilai ITS} = \frac{2 \times 83,81}{(\pi \times 70,00 \times 100)} = 0,00763 \text{ kg} / \text{mm}^2$$

$$s = 0,00763 \times 9806,65 = 74,79 \text{ KPa}$$

t = Tinggi benda uji = 70 mm

75 Tumbukan

VMA VFWA VITM Beban

ITS kg/KPa

No	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u
1	5.00	4.762	1240	1253	653	600.00	2.07	2.43	9.71	75.01	15.28	24.99	38.87	14.98	6.00	219.96	83.81	0.00763	74.79	70.00	0.84
2	5.00	4.762	1208	1219	645	574.00	2.10	2.43	9.89	76.38	13.72	23.62	41.89	13.42	6.00	219.96	83.81	0.00763	74.79	70.00	0.84
3	5.00	4.762	1135	1146	639	507.00	2.24	2.43	10.52	81.25	8.22	18.75	56.13	7.90	6.00	219.96	82.81	0.00824	80.82	64.00	0.83
						560.33	2.14	2.43	10.04	77.55	12.41	22.45	45.63	12.10	6.00	219.96	83.48	0.00783	76.80	68.00	0.8367

- a. %Binder/100 part of agregat

b. % Binder By weight of mix

c. Weight in air (Gr)

d. Weight in SSD condition (Gr)

e. Weight in water (gr)

f. Volume d-e (cc)

g. Density bluk off (gr/cc)

h. Density bluk off (gr/cc)

$$= \frac{100}{\frac{\%agg}{gs.agg} + \frac{\%binder}{gs.binder}}$$

$$\frac{b \times g}{(100 - b) \times g}$$

$$\frac{gs.binder}{gs.agg}$$

i. Volume % total binder

j. Volume total agregat

k. Volume % total voids = 100-i.j

l. Voids % agregat = 100-j

m. Voids % field with binder = (i/l)x100

n. Voids in total mix = (100-100x(g/h)

o. Stability/proving ring

p. Stabiliity after corerected provingring = oxKalibrasi alat 36,66ibf/div)

q. Stability after corerected with vol (kg)= (p)xangka koreksi tinggix0,4536

r. Nilai ITS = $\frac{2 \cdot q}{m \cdot e \cdot d} (KPa)$

s. ITS dalam kg/mm²x9806,65 KPa

t. Tinggi Benda Uji (mm)

u. Koreksi Tinggi Benda Uji

75 Tumbukan

VMA VFWA VITM Beban

ITS kg/KPa

No	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u
1	6.00	5.660	1228	1237	680	557.00	2.20	2.40	12.32	79.26	8.42	20.74	59.41	7.96	6.00	219.96	86.76	0.00801	78.54	69.00	0.870
2	6.00	5.660	1239	1247	680	567.00	2.19	2.40	12.21	78.56	9.23	21.44	56.96	8.78	6.00	219.96	83.81	0.00763	74.79	70.00	0.84
3	6.00	5.660	1256	1261	710	551.00	2.28	2.40	12.74	81.95	5.31	18.05	70.58	4.84	7.00	256.62	100.11	0.00938	91.95	68.00	0.86
						558.33	2.22	2.40	12.42	79.93	7.65	20.07	62.32	7.19	6.33	232.18	90.22	0.00834	81.76	69.00	0.857

- a. %Binder/100 part of agregat

b. % Binder By weight of mix

c. Weight in air (Gr)

d. Weight in SSD condition (Gr)

e. Weight in water (gr)

f. Volume d-e (cc)

g. Density bluk off (gr/cc)

h. Density bluk off (gr/cc)
- i. Volume % total binder

j. Volume total agregat

k. Volume % total voids = 100-i.j

l. Voids % agregat = 100-j

m. Voids % field with binder = (i/l)x100

n. Voids in total mix = (100-100x(g/h)

o. Stability/proving ring
- p. Stabiliity after corerected provingring = oxKalibrasi alat 36,66ibf/div)

q. Stability after corerected with vol (kg)= (p)xangka koreksi tinggix0,4536

r. Nilai ITS =

s. ITS dalam kg/mm²x9806,65 KPa

t. Tinggi Benda Uji (mm)

u. Koreksi Tinggi Benda Uji

$$= \frac{100}{\frac{\%agg}{gs.agg} + \frac{\%binder}{gs.binder}}$$

ITS kg/KPa

$$= \frac{100}{\frac{\%agg}{gs.agg} + \frac{\%binder}{gs.binder}}$$

75 Tumbukan

VMA VFWA VITM Beban

ITS kg/KPa

No	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u
1	8.00	7.407	1251	1275	733	542.00	2.31	2.33	16.88	81.45	1.68	18.55	90.97	0.85	7.00	256.62	103.60	0.01000	98.05	66.00	0.89
2	8.00	7.407	1269	1283	733	550.00	2.31	2.33	16.87	81.42	1.71	18.58	90.79	0.88	8.00	293.28	115.74	0.01068	104.77	69.00	0.87
3	8.00	7.407	1259	1263	714	549.00	2.29	2.33	16.77	80.92	2.31	19.08	87.90	1.49	8.00	293.28	111.75	0.01047	102.65	68.00	0.84
						547.00	2.30	2.33	16.84	81.26	1.90	18.74	89.88	1.07	7.67	281.06	110.36	0.01038	101.82	67.67	0.8667

- a. %Binder/100 part of agregat

b. % Binder By weight of mix

c. Weight in air (Gr)

d. Weight in SSD condition (Gr)

e. Weight in water (gr)

f. Volume d-e (cc)

g. Density bluk off (gr/cc)

h. Density bluk off (gr/cc)
- i. Volume % total binder

j. Volume total agregat

k. Volume % total voids = 100-i.j

l. Voids % agregat = 100-j

m. Voids % field with binder = (i/l)x100

n. Voids in total mix = (100-100x(g/h)

o. Stability/proving ring
- p. Stabiliiti after corerected provingring = oxKalibrasi alat 36,66ibf/div)

q. Stability after corerected with vol (kg)= (p)xangka koreksi tinggix0,4536

r. Nilai ITS =

s. ITS dalam kg/mm²x9806,65 KPa

t. Tinggi Benda Uji (mm)

u. Koreksi Tinggi Benda Uji

$$= \frac{100}{\frac{\%agg}{gs.agg} + \frac{\%binder}{gs.binder}}$$

75 Tumbukan

VMA VFWA VITM Beban

ITS kg/KPa

No	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u
1	9.00	8.257	1200	1221	694	527.00	2.28	2.30	18.56	79.61	1.83	20.39	91.04	0.80	7.00	256.62	108.25	0.01061	104.03	65.00	0.93
2	9.00	8.257	1215	1236	706	530.00	2.29	2.30	18.69	80.15	1.16	19.85	94.14	0.13	7.00	256.62	108.25	0.01061	104.03	65.00	0.93
3	9.00	8.257	1220	1225	692	533.00	2.29	2.30	18.66	80.03	1.32	19.97	93.42	0.28	8.00	293.28	127.71	0.01271	124.64	64.00	0.96
						530.00	2.29	2.30	18.63	79.93	1.44	20.07	92.86	0.41	7.33	268.84	114.74	0.01131	110.90	64.67	0.94

- a. %Binder/100 part of agregat

b. % Binder By weight of mix

c. Weight in air (Gr)

d. Weight in SSD condition (Gr)

e. Weight in water (gr)

f. Volume d-e (cc)

g. Density bluk off (gr/cc)

h. Density bluk off (gr/cc)

$$= \frac{100}{\frac{\%agg}{gs.agg} + \frac{\%binder}{gs.binder}}$$
- i. Volume % total binder $\frac{b \times g}{gs.binder}$

j. Volume total agregat $\frac{(100 - b) \times g}{gs.agg}$

k. Volume % total voids = 100-i.j

l. Voids % agregat = 100-j

m. Voids % field with binder = (i/l)x100

n. Voids in total mix = (100-100x(g/h)

o. Stability/proving ring
- p. Stabiliity after corerected provingring = oxKalibrasi alat 36,66ibf/div)

q. Stability after corerected with vol (kg)= (p)xangka koreksi tinggix0,4536

r. Nilai ITS = $\frac{2.q}{\pi.e.d} (KPa)$

s. ITS dalam kg/mm²x9806,65 KPa

t. Tinggi Benda Uji (mm)

u. Koreksi Tinggi Benda Uji

75 Tumbukan

VMA VFWA VITM Beban

ITS kg/KPa

No	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u
1	10.00	9.091	1239	1252	704	548.00	2.26	2.26	20.29	78.33	1.38	21.67	93.64	0.13	6.00	219.96	86.80	0.00813	79.73	68.00	0.87
2	10.00	9.091	1267	1286	726	560.00	2.26	2.26	20.30	78.38	1.31	21.62	93.94	0.06	6.40	234.62	89.40	0.00813	79.77	70.00	0.84
3	10.00	9.091	1127	1134	636	498.00	2.26	2.26	20.31	78.40	1.29	21.60	94.04	0.04	8.00	293.28	127.71	0.01271	124.64	64.00	0.96
						535.33	2.26	2.26	20.30	78.37	1.33	21.63	93.87	0.08	6.80	249.29	101.30	0.00966	94.72	67.33	0.89

- a. %Binder/100 part of agregat

b. % Binder By weight of mix

c. Weight in air (Gr)

d. Weight in SSD condition (Gr)

e. Weight in water (gr)

f. Volume d-e (cc)

g. Density bluk off (gr/cc)

h. Density bluk off (gr/cc)
- i. Volume % total binder

j. Volume total agregat

k. Volume % total voids = 100-i.j

l. Voids % agregat = 100-j

m. Voids % field with binder = (i/l)x100

n. Voids in total mix = (100-100x(g/h)

o. Stability/proving ring
- p. Stabiliity after corerected provingring = oxKalibrasi alat 36,66ibf/div)

q. Stability after corerected with vol (kg)= (p)xangka koreksi tinggix0,4536

r. Nilai ITS =

s. ITS dalam kg/mm²x9806,65 KPa

t. Tinggi Benda Uji (mm)

u. Koreksi Tinggi Benda Uji

■

$$\frac{100}{\frac{\%agg}{gs.agg} + \frac{\%binder}{gs.binder}}$$

50 Tumbukan

VMA VFWA VITM Beban

ITS kg/KPa

No	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u
1	5.00	4.762	1202	1198	640	558.00	2.15	2.43	10.13	78.18	11.69	21.82	46.42	11.38	4.00	146.64	55.87	0.00508	49.86	70.00	0.84
2	5.00	4.762	1236	1240	674	566.00	2.18	2.43	10.27	79.26	10.48	20.74	49.49	10.16	6.00	219.96	83.81	0.00763	74.79	70.00	0.84
3	5.00	4.762	1219	1222	664	558.00	2.18	2.43	10.27	79.29	10.44	20.71	49.59	10.13	6.00	219.96	86.80	0.00801	78.58	69.00	0.87
						560.67	2.17	2.43	10.22	78.91	10.87	21.09	48.50	10.56	5.33	195.52	75.50	0.00691	67.74	69.67	0.85

- a. %Binder/100 part of agregat

b. % Binder By weight of mix

c. Weight in air (Gr)

d. Weight in SSD condition (Gr)

e. Weight in water (gr)

f. Volume d-e (cc)

g. Density bluk off (gr/cc)

h. Density bluk off (gr/cc)
- i. Volume % total binder

j. Volume total agregat

k. Volume % total voids = 100-i.j

l. Voids % agregat = 100-j

m. Voids % field with binder = (i/l)x100

n. Voids in total mix = (100-100x(g/h)

o. Stability/proving ring
- p. Stabiliity after corerected provingring = oxKalibrasi alat 36,66ibf/div)

q. Stability after corerected with vol (kg)= (p)xangka koreksi tinggix0,4536

r. Nilai ITS =

s. ITS dalam kg/mm²x9806,65 KPa

t. Tinggi Benda Uji (mm)

u. Koreksi Tinggi Benda Uji

$$= \frac{100}{\frac{\%agg}{gs.agg} + \frac{\%binder}{gs.binder}}$$

50 Tumbukan

VMA VFWA VITM Beban

ITS kg/KPa

No	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u
1	6.00	5.660	1199	1203	671	532.00	2.25	2.40	12.59	81.03	6.38	18.97	66.38	5.91	6.00	219.96	85.81	0.00804	78.82	68.00	0.86
2	6.00	5.660	1215	1203	672	531.00	2.29	2.40	12.79	82.26	4.95	17.74	72.09	4.48	6.00	219.96	83.81	0.00763	74.79	70.00	0.84
3	6.00	5.660	1212	1218	670	548.00	2.21	2.40	12.36	79.52	8.13	20.48	60.33	7.67	6.00	219.96	88.80	0.00857	84.04	66.00	0.89
						537.00	2.25	2.40	12.58	80.94	6.48	19.06	66.27	6.02	6.00	219.96	86.14	0.00808	79.21	68.00	0.8633

- a. %Binder/100 part of agregat

b. % Binder By weight of mix

c. Weight in air (Gr)

d. Weight in SSD condition (Gr)

e. Weight in water (gr)

f. Volume d-e (cc)

g. Density bluk off (gr/cc)

h. Density bluk off (gr/cc)
- i. Volume % total binder

j. Volume total agregat

k. Volume % total voids = 100-i.j

l. Voids % agregat = 100-j

m. Voids % field with binder = (i/l)x100

n. Voids in total mix = (100-100x(g/h)

o. Stability/proving ring
- p. Stabiliity after corerected provingring = oxKalibrasi alat 36,66ibf/div)

q. Stability after corerected with vol (kg)= (p)xangka koreksi tinggix0,4536

r. Nilai ITS =

s. ITS dalam kg/mm²x9806,65 KPa

t. Tinggi Benda Uji (mm)

u. Koreksi Tinggi Benda Uji

■

100

%agg

%binder

gs.agg

gs.binder

+

50 Tumbukan

VMA VFWA VITM Beban

ITS kg/KPa

No	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u
1	7.00	6.542	1259	1263	707	556.00	2.26	2.36	14.62	80.65	4.73	19.35	75.57	4.10	8.00	293.28	111.75	0.01017	99.71	70.00	0.84
2	7.00	6.542	1235	1241	693	548.00	2.25	2.36	14.55	80.27	5.18	19.73	73.76	4.55	6.00	219.96	86.80	0.00801	78.58	69.00	0.87
3	7.00	6.542	1135	1141	637	504.00	2.25	2.36	14.54	80.21	5.25	19.79	73.48	4.62	6.00	219.96	83.81	0.00821	80.54	65.00	0.84
						536.00	2.26	2.36	14.57	80.38	5.05	19.62	74.27	4.42	6.67	244.40	94.12	0.00880	86.28	68.00	0.85

- a. %Binder/100 part of agregat

b. % Binder By weight of mix

c. Weight in air (Gr)

d. Weight in SSD condition (Gr)

e. Weight in water (gr)

f. Volume d-e (cc)

g. Density bluk off (gr/cc)

h. Density bluk off (gr/cc)
- i. Volume % total binder

j. Volume total agregat

k. Volume % total voids = 100-i.j

l. Voids % agregat = 100-j

m. Voids % field with binder = (i/l)x100

n. Voids in total mix = (100-100x(g/h)

o. Stability/proving ring
- p. Stabiliity after corerected provingring = oxKalibrasi alat 36,66ibf/div)

q. Stability after corerected with vol (kg)= (p)xangka koreksi tinggix0,4536

r. Nilai ITS =

s. ITS dalam kg/mm²x9806,65 KPa

t. Tinggi Benda Uji (mm)

u. Koreksi Tinggi Benda Uji

$$= \frac{100}{\frac{\%agg}{gs.agg} + \frac{\%binder}{gs.binder}}$$

50 Tumbukan

VMA VFWA VITM Beban

ITS kg/KPa

No	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u
1	8.00	7.407	1255	1254	659	595.00	2.11	2.33	15.42	74.43	10.15	25.57	60.32	9.39	8.00	293.28	123.72	0.01212	118.89	65.00	0.93
2	8.00	7.407	1223	1227	688	539.00	2.27	2.33	16.59	80.07	3.34	19.93	83.24	2.53	8.00	293.28	114.41	0.01072	105.09	68.00	0.86
3	8.00	7.407	1021	1023	577	446.00	2.29	2.33	16.74	80.78	2.48	19.22	87.09	1.66	6.00	219.96	92.79	0.00909	89.17	65.00	0.93
						526.67	2.22	2.33	16.25	78.42	5.32	21.58	76.88	4.53	7.33	268.84	110.31	0.01064	104.38	66.00	0.9067

- a. %Binder/100 part of agregat

b. % Binder By weight of mix

c. Weight in air (Gr)

d. Weight in SSD condition (Gr)

e. Weight in water (gr)

f. Volume d-e (cc)

g. Density bluk off (gr/cc)

h. Density bluk off (gr/cc)

$$= \frac{100}{\frac{\%agg}{gs.agg} + \frac{\%binder}{gs.binder}}$$
- i. Volume % total binder $\frac{b \times g}{gs.binder}$

j. Volume total agregat $\frac{(100 - b) \times g}{gs.agg}$

k. Volume % total voids = 100-i.j

l. Voids % agregat = 100-j

m. Voids % field with binder = (i/l)x100

n. Voids in total mix = (100-100x(g/h)

o. Stability/proving ring
- p. Stabiliity after corerected provingring = oxKalibrasi alat 36,66ibf/div)

q. Stability after corerected with vol (kg)= (p)xangka koreksi tinggix0,4536

r. Nilai ITS = $\frac{2. q}{m.e.d} (KPa)$

s. ITS dalam kg/mm²x9806,65 KPa

t. Tinggi Benda Uji (mm)

u. Koreksi Tinggi Benda Uji

50 Tumbukan

VMA VFWA VITM Beban

ITS kg/KPa

No	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u
1	9.00	8.257	1247	1258	714	544.00	2.29	2.30	18.68	80.15	1.17	19.85	94.10	0.14	8.00	293.28	123.72	0.01212	118.89	65.00	0.93
2	9.00	8.257	1234	1239	700	539.00	2.29	2.30	18.66	80.05	1.29	19.95	93.52	0.26	6.00	219.96	82.81	0.00787	77.20	67.00	0.83
3	9.00	8.257	1277	1286	729	557.00	2.29	2.30	18.69	80.16	1.16	19.84	94.18	0.12	6.00	219.96	83.81	0.00763	74.79	70.00	0.84
						546.67	2.29	2.30	18.68	80.12	1.21	19.88	93.93	0.17	6.67	244.40	96.78	0.00921	90.29	67.33	0.8667

a. %Binder/100 part of agregat

b. % Binder By weight of mix

c. Weight in air (Gr)

d. Weight in SSD condition (Gr)

e. Weight in water (gr)

f. Volume d-e (cc)

g. Density bluk off (gr/cc)

h. Density bluk off (gr/cc)

i. Volume % total binder

j. Volume total agregat

k. Volume % total voids = 100-i.j

l. Voids % agregat = 100-j

m. Voids % field with binder = (i/l)x100

n. Voids in total mix = (100-100x(g/h)

o. Stability/proving ring

p. Stabiliity after corerected provingring = oxKalibrasi alat 36,66ibf/div)

q. Stability after corerected with vol (kg)= (p)xangka koreksi tinggix0,4536

r. Nilai ITS =

s. ITS dalam kg/mm²x9806,65 KPa

t. Tinggi Benda Uji (mm)

u. Koreksi Tinggi Benda Uji

100

%agg

gs.agg

%binder

gs.binder

+

50 Tumbukan

VMA VFWA VITM Beban

ITS kg/KPa

No	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u
1	10.00	9.091	1195	1208	679	529.00	2.26	2.26	20.27	78.26	1.46	21.74	93.26	0.22	8.00	293.28	114.41	0.01072	105.09	68.00	0.86
2	10.00	9.091	1229	1236	690	546.00	2.25	2.26	20.20	77.98	1.82	22.02	91.75	0.58	6.00	219.96	82.81	0.00764	74.97	69.00	0.83
3	10.00	9.091	1197	1201	672	529.00	2.26	2.26	20.31	78.39	1.30	21.61	93.99	0.05	6.00	219.96	85.81	0.00804	78.82	68.00	0.86
						534.67	2.26	2.26	20.26	78.21	1.53	21.79	93.00	0.28	6.67	244.40	94.34	0.00880	86.29	68.33	0.85

- a. %Binder/100 part of agregat

b. % Binder By weight of mix

c. Weight in air (Gr)

d. Weight in SSD condition (Gr)

e. Weight in water (gr)

f. Volume d-e (cc)

g. Density bluk off (gr/cc)

h. Density bluk off (gr/cc)
- i. Volume % total binder

j. Volume total agregat

k. Volume % total voids = 100-i.j

l. Voids % agregat = 100-j

m. Voids % field with binder = (i/l)x100

n. Voids in total mix = (100-100x(g/h)

o. Stability/proving ring
- p. Stabiliity after corerected provingring = oxKalibrasi alat 36,66ibf/div)

q. Stability after corerected with vol (kg)= (p)xangka koreksi tinggix0,4536

r. Nilai ITS =

s. ITS dalam kg/mm²x9806,65 KPa

t. Tinggi Benda Uji (mm)

u. Koreksi Tinggi Benda Uji

$$= \frac{100}{\frac{\%agg}{gs.agg} + \frac{\%binder}{gs.binder}}$$